



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MODELO DE GARANTÍAS FINANCIERAS PARA EL CIERRE Y ABANDONO DE LA PEQUEÑA MINERÍA DE ORO EN COLOMBIA

Karen Carolina Barros Miranda

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2018

MODELO DE GARANTÍAS FINANCIERAS PARA EL CIERRE Y ABANDONO DE LA PEQUEÑA MINERÍA DE ORO EN COLOMBIA

Karen Carolina Barros Miranda

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería – Recursos Minerales

Director:

Giovanni Franco Sepúlveda, Ph.D.

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2018

A Dios

A mis Padres

Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas. Josué 1:9

Tabla de contenido

Lista de Tablas.....	6
Lista de Figuras.....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
1 Introducción.....	9
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Justificación.....	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Alcances	12
1.5 Organización	12
2 Marco Teórico	14
2.1 Cierre de minas en Colombia	14
2.2 Instrumentos financieros para el cierre de minas en Colombia.....	17
2.3 Instrumentos financieros para el cierre de minas en Latinoamérica	18
2.3.1 Argentina.....	19
2.3.2 Brasil y Bolivia.....	19
2.3.3 Perú	20
2.3.4 Chile.....	22
2.4 Instrumentos financieros para el cierre de minas en el mundo	26
2.4.1 Canadá	26
2.4.2 Estados Unidos	27
2.4.3 Australia	28
2.5 Tipos de instrumentos financieros para el cierre de minas	30

3	Definición del Modelo de Garantía Financiera	34
3.1	Características del modelo de garantía	34
3.2	Cálculo de la garantía financiera	35
3.3	Modelo de costos del plan de cierre y abandono.....	36
4	Caso de Estudio	40
4.1	Revisión de expedientes	40
4.1.1	Materiales y Métodos	40
4.1.2	Resultados y Análisis	41
4.2	Caso Hipotético.....	47
5	Conclusiones.....	57
	Bibliografía	59
	Anexo 2. Modelo de estimación de costos en formato Microsoft Excel.....	81

Lista de Tablas

Tabla 1. Porcentaje del monto a garantizar por tercio de la vida útil del proyecto.....	26
Tabla 2. Liberación gradual de la garantía.....	26
Tabla 3. Estructura de costos del plan de cierre y abandono de la mina 2	42
Tabla 4. Estructura de costos del plan de cierre y abandono de la mina 5.	43
Tabla 5. Estructura de costos del plan de cierre y abandono de la mina 6.	44
Tabla 6. Parámetros técnico-económicos para el caso hipotético.....	47
Tabla 7. Unidades medidas físicas de los elementos a intervenir	51
Tabla 8. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Bocamina de la mina hipotética.	52
Tabla 9. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Planta de Beneficio de la mina hipotética.....	52
Tabla 10. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Escombrera de la mina hipotética.	52
Tabla 11. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Relavera de la mina hipotética.	53
Tabla 12. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Infraestructura auxiliar de la mina hipotética.	53
Tabla 13. Estructura de estimación de costos directos e indirectos del plan de cierre de la mina hipotética.	54
Tabla 14. Valores del análisis de sensibilidad de la escogencia de la tasa de descuento y del valor del costo del plan de cierre	55

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo propuesto para el cálculo de los costos de implementación del plan de cierre minero.	39
Figura 2. Metodología para la estimación de los costos del plan de cierre de la mina hipotética.....	48

Resumen

El cierre minero debe considerar dos componentes, uno técnico, relacionado con los aspectos mineros y uno ambiental asociado con la recuperación ambiental, con lo cual desde el actual Código de Minas colombiano se tiene esta obligación, sin embargo, su poca regularización y seguimiento hace que se dé un gran deterioro de los recursos naturales, dejando al mismo tiempo al Estado colombiano vulnerable en el ejercicio de cuidar y administrar estos recursos.

En Colombia, en el mejor de los casos, la exigencia de un instrumento financiero que cubra el 100% de los costos de implementación del plan de recuperación se realiza al final de la vida útil de la explotación minera, etapa en la cual, si no se ha realizado una buena planeación del proyecto, tanto técnica como financieramente, existe la posibilidad de que el titular presente mayor dificultad de llevar a cabo el plan de cierre, dada la reducción del flujo de caja en las fases finales de la operación. Este punto es especialmente crítico en la pequeña minería en Colombia, donde muchas veces los proyectos empiezan o ya ha empezado, sin tener en cuenta los costos de implementación de estos planes.

De lo anterior, surge la importancia de contar con adecuados instrumentos financieros que garanticen tanto a los titulares como al Estado, los recursos económicos para realizar un apropiado cierre y abandono de las explotaciones mineras en Colombia. Por tal razón, este trabajo está encaminado al planteamiento de un modelo de garantía financiera aplicado a los proyectos de pequeña minería de oro, con base en las características de los modelos aplicados a nivel mundial en países con una gran experiencia en el sector minero, poniendo énfasis en la estructura para la estimación de los costos.

Palabras clave: Póliza ambiental, cierre de minas, pequeña minería, costos de cierre.

Abstract

The mining closure must consider two components, one technical, related to the mining aspects and one environmental associated with the recovery plan. The implementation of a closure plan is currently an obligation for mine owners according to the Colombian mining code; however, its low level of regularization puts natural resources at risk, leaving the Colombian state vulnerable as well because it is responsible for managing the natural resources in the country.

In Colombia, in the best case, the requirement of a financial instrument that covers 100% of the costs of implementation of the rehabilitation plan for mining projects is carried out at the end of the mine's useful life. At this stage, if good planning is not performed, both technically and financially, there is the possibility that mine owners present great difficulty in implementing the closure plan due to the reduction of cash flow in the final phases of the operation. This point is especially critical in small-scale mining in Colombia, where projects often start or have already started without taking into account the costs of implementing these plans.

From the foregoing, the importance of having adequate financial instruments that guarantee both the holders and the state, the economic resources to perform an appropriate closure and abandonment of mining operations in Colombia. For this reason, this work is aimed at proposing a financial guarantee model applied to small gold mining projects, based on the characteristics of the models applied worldwide in countries with extensive experience in the mining sector, emphasis on the structure for estimating costs.

Keywords: Environmental policy, mine closure, small mining, Closing costs.

1 Introducción

Una de las características más importante de la industria minera, es el agotamiento del recurso, es decir, las explotaciones mineras son finitas, de ahí la importancia de realizar un buen planeamiento minero, en el cual se incluya la etapa de cierre y abandono, actualmente, en Colombia la actividad minera cuenta con instrumentos legales y normativos que obliga a los titulares a realizar un cierre minero, pero desde el punto de vista técnico y ambiental se deben tener en cuenta ciertos parámetros con lo cual si este es realizado progresivamente permite un desarrollo económico y social de estas zonas.

El cierre de minero, puede entenderse como un conjunto de actividades encaminadas a compensar, corregir, mitigar y prevenir los impactos generados en las explotaciones mineras (Molina Escobar & Ospina Betancur, 2013), este cierre puede generarse por varias razones, entre ellas: el agotamiento del yacimiento, condiciones del mercado como la baja en los precios del mineral, condiciones adversas como los problemas de seguridad o por el vencimiento del término del título minero (Moreno, 2014).

Para un buen cierre minero se deben identificar y cuantificar tanto los impactos positivos como negativos de la actividad minera que se está desarrollando, además, de los impactos remanentes o pasivos ambientales que posiblemente surjan posterior a la finalización de las operaciones mineras, para esto, se debe tener en cuenta la línea base del área a intervenir, es decir las condiciones previas a la explotación, además, del uso posterior del suelo (Marin Feria, 2015).

El cierre de las operaciones mineras se realiza normalmente en épocas cuando la compañía no está percibiendo ingresos, si no por lo contrario, está incurriendo en una serie de gastos por los compromisos adquiridos; por esta razón, en el caso de que no se haya previsto anticipadamente el financiamiento para la realización de las medidas de cierre y rehabilitación del área intervenida, puede que no se cuenten con los fondos para estas, por lo que la figura de la garantía financiera apunta a que exista un fondo con el cual cubrir los costos de las medidas para el cierre, rehabilitación y abandono de las explotaciones mineras (Gonzales Centeno, 2002).

De ahí la importancia del estudio de los mecanismos o sistemas que ayuden a garantizar una base económica y flujos de fondos para las empresas del sector minero con el fin de llevar a cabo la etapa de cierre, rehabilitación y abandono de las áreas intervenidas con la explotación, especialmente, el estudio de los instrumentos económicos y financieros que se puedan constituir como seguros para los gobiernos locales, en caso de la insolvencia de la empresa en esta etapa, con el objetivo de prevenir la generación de pasivos ambientales.

Si bien el tema de las garantías financieras se puede enfocar de acuerdo al propósito de esta, es decir, desde el punto de vista del explotador minero para garantizar un flujo de fondos al final de la vida útil del proyecto y desde el punto de vista de las autoridades gubernamentales como seguro en caso de que la empresa o el explotador minero no pueda realizar las actividades para el cierre y abandono de las áreas intervenidas, el presente trabajo final de maestría va orientado hacia el segundo enfoque, especialmente en el caso de pequeños mineros donde, debido al poco capital y a la poca planeación de las operación, existe un mayor riesgo de generación de pasivos ambiental por la no implementación de la fase de cierre y abandono.

1.1 Planteamiento del problema

Los proyectos de explotación minera se encuentran enmarcados en diferentes fases o etapas, las cuales comprenden la exploración, construcción, montaje, explotación y el cierre y abandono, esta última, de conformidad al artículo 95 de la Ley 685 de 2001, hace parte integral de las operaciones que tiene por objeto la extracción de minerales, constituyéndose, su desarrollo e implementación, en una obligación por parte del titular minero. El concepto de cierre de minas es relativamente nuevo, este se puede definir como el conjunto de procesos y actividades realizadas para corregir, mitigar y prevenir los impactos generados por las actividades mineras y que además, actúan bajo un instrumento de planeación desde etapas iniciales de la explotación denominado plan de cierre de mina (PCM) (Molina Escobar & Ospina Betancur, 2013). Algunos autores establecen como objetivo del cierre de minas el de prevenir o mitigar los impactos ambientales negativos a largo plazo y crear alternativas para un nuevo uso del suelo (Australian and New Zealand Minerals and Energy Council , 2000).

Todo el trabajo realizado a nivel mundial para minimizar los impactos generados por los proyectos mineros se enmarcan bajo la primicia de desarrollo sostenible, para lo cual se estableció en el reporte final de la MMSD que para que una mina contribuya al desarrollo sostenible, los objetivos del cierre y sus impactos deben ser considerados desde el comienzo del proyecto (Laurence, 2006), por lo que para un buen planeamiento de la actividad minera, se debe establecer e incluir desde la etapa de pre-factibilidad de los proyectos, la identificación de los costos y gastos en los que se pueden incurrir en la etapa de cierre minero (Del Valle Mora, 2016).

Muchos países en la actualidad requieren la presentación o el pago de un bono o garantía antes de empezar los trabajos de exploración, la finalidad de este bono es el de asegurar que se cuente con fondos suficientes para llevar a cabo las actividades de rehabilitación en el caso de que las empresas se vuelvan insolventes, usualmente este bono, se calcula como un porcentaje de los costos estimados del cierre de operaciones, en estos casos las empresas deben aportar el valor restante debido a que este bono o garantía no cubre el total del monto para los trabajos de remediación y rehabilitación. (Cheng, 2016).

Es por ello que este trabajo de investigación pretende avanzar en el estudio de las garantías financieras para la etapa de cierre y abandono de proyectos mineros de oro, categorizados como pequeña minería en Colombia, mediante la formulación de un modelo y/adaptación de instrumento financiero aplicable a este sector de la industria minera en Colombia, con el fin de evitar la generación de pasivos ambientales huérfanos y propender a una minería sostenible en nuestro país.

1.2 Justificación

Debido a lo expuesto anteriormente, la importancia del desarrollo de esta propuesta de trabajo final, radica en el estudio de la elección y cálculo de instrumentos financieros que garanticen que tanto los titulares mineros como el gobierno cuenten con los recursos económicos para realizar un adecuado cierre y abandono de las explotaciones de oro en Colombia y así propender al desarrollo sostenible en el sector minero y evitar la generación de pasivos ambientales huérfanos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer un modelo de instrumento financiero para la etapa de cierre y abandono de la pequeña minería de oro en Colombia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a. Describir los diferentes instrumentos financieros utilizados como garantías para un adecuado cierre de minas.
- b. Identificar las garantías financieras para el cierre de minas, aplicables a los proyectos de pequeña minería de oro en Colombia.
- c. Proponer un modelo y/o adaptación de un instrumento financiero que sirva de garantía para un adecuado cierre y abandono de pequeñas minas de oro en Colombia.
- d. Validar el instrumento establecido, mediante un caso de estudio.

1.4 Alcances

Este trabajo final de investigación va encaminado principalmente al desarrollo de un modelo y/o adaptación de un instrumento financiero que sirva de garantía para un adecuado cierre y abandono de pequeñas minas de oro en Colombia, utilizando para ello la información disponible en la literatura, para luego proponer un modelo y /o adaptación de un instrumento financiero y posteriormente ser validado mediante un caso de estudio en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – Corantioquia.

1.5 Organización

El trabajo final se encuentra organizado de la siguiente forma: en el capítulo 1, Introducción, planteamiento del problema, objetivos y alcance del trabajo. En el capítulo 2, se presenta el marco teórico relacionado al cierre de proyectos mineros tanto en Colombia,

Latinoamérica y el mundo, con sus respectivos instrumentos financieros para la constitución de las garantías para el cierre de minas. En el capítulo 3, se plantea el modelo de garantía financiera propuesto. En el capítulo 4, se realiza la aplicación del modelo propuesto a un caso hipotético correspondiente a un proyecto minero de oro subterráneo a pequeña escala y finalmente en el capítulo 5, se presentan las conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos.

2 Marco Teórico

El plan de cierre debe estar concebido desde el planeamiento minero es por ello que en el siguiente capítulo se presenta una breve descripción del cierre minero en Colombia, Latinoamérica y el mundo con sus instrumentos financieros actuales, su normatividad, tipo y cálculo de garantías financieras.

2.1 Cierre de minas en Colombia

Desde la legislación ambiental y teniendo en cuenta el decreto 1076 de 2015, en el cual se compila toda la normatividad ambiental del país, se estipula en el artículo 2.2.2.3.9.2. que *“Cuando un proyecto, obra o actividad requiera o deba iniciar su fase de desmantelamiento y abandono, el titular deberá presentar a la autoridad ambiental competente, por lo menos con tres meses de anticipación, un estudio que contenga como mínimo: La identificación de los impactos ambientales presentes al momento del inicio de esta fase; El plan de desmantelamiento y abandono; el cual incluirá las medidas de manejo del área, las actividades de restauración final y demás acciones pendientes; Los planos y mapas de localización de la infraestructura objeto de desmantelamiento y abandono; Las obligaciones derivadas de los actos administrativos identificando las pendientes por cumplir y las cumplidas, adjuntando para el efecto la respectiva sustentación y los costos de las actividades para la implementación de la fase de desmantelamiento y abandono y demás obligaciones pendientes por cumplir.”* (Molina Escobar & Ospina Betancur, 2013) En este mismo artículo se estipula la obligación de los titulares de constituir una póliza o garantía que ampare los costos de las actividades del plan de desmantelamiento y abandono, la cual deberá ser realizada anualmente y por 3 años más de terminada esta fase, luego de cumplida esta, la autoridad ambiental mediante acto administrativo dará por terminada la licencia ambiental, para los proyectos que tengan vigente una póliza que garantice las actividades de desmantelamiento, restauración final y abandono, solamente se debe presentar copia de esta, siempre y cuando se garantice el monto de los costos establecidos para la ejecución del plan de abandono.

Adicionalmente, se encuentran los nuevos términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para el sector minero, la Metodología general para la

presentación de Estudios Ambientales y el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales, en los cuales se estipula que para los proyectos mineros se deben implementar los instrumentos de planificación de cierre descritos allí, como es el Plan de Cierre inicial, el cual se debe presentar al momento del proceso del licenciamiento ambiental, este comprenderá las actividades de cierre progresivo, actividades de cierre temporal, actividades del cierre final y las de post-cierre. Estos planes deben contener como mínimo las actividades específicas de desmantelamiento, recuperación, restauración y rehabilitación que serán implementadas en cada etapa del cierre, que incluya aspectos relacionados a la geomorfología, paisaje, estabilidad física, aspecto sociales, entre otros como las actividades de cuidado y mantenimiento en el post-cierre, proyección de costos totales y anuales y el cronograma de las actividades (Términos de referencia para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental - Proyectos de explotación minera, 2016) (Metodología general para la presentación de Estudios Ambientales, 2010) (Manual de Evaluación de Estudio de Impacto Ambiental, 2002).

En cuanto a la normativa técnica minera, actualmente en Colombia, se le exige al titular minero presentar un Programa de Trabajos y Obras (PTO), en el cual debe contener el resultado de los trabajos de exploración y los trabajos a desarrollar en las etapas de construcción, montaje y explotación. En este sentido, actualmente existen unos términos de referencia o requisitos mínimos que dicho PTO debe contener, estando en el final de la lista, el Plan de Cierre de la explotación y abandono de la infraestructura, figurando la póliza minero ambiental como seguro para su cumplimiento. Adicionalmente, se establece que el objetivo de este plan es el de *“devolver o reintegrar la zona al paisaje inicial, buscando minimizar los efectos adversos dejados por las actividades mineras que se realizaron en el pasado.”* y que este plan *“deberá ser elaborado e incorporado al proyecto minero desde las fases de desarrollo y explotación mineras y deberán ejecutarse de manera consecuente con el plan de manejo ambiental aprobado”* (Ministerio de Minas y Energía, 2001) (Términos de Referencia para la presentación de los Trabajos de Exploración (LTE) y Programa de Trabajos y Obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino, 2017).

Al no incluirse el plan de cierre y abandono dentro de un elaborado plan que contemple la restauración en todos los sentidos para cada una de las etapas mineras a lo largo de la vida útil del proyecto constituye un riesgo importante a la hora de llevar a cabo el cierre del

proyecto, y según Oyarzun *"al no obligar legalmente a que el titular minero asuma los costos del cierre, a lo largo de todo el ciclo minero, pasando por el mismo CAPEX (capital expenditure) y a través del OPEX (operational expenditure) en el transcurso del desarrollo del proyecto, puede generar que el titular no garantice o cuente con los recursos para llevar a cabo el cierre adecuado el proceso de finalización del proyecto"* (Moreno, 2014) .

En cuanto al control y seguimiento de las diferentes etapas de los proyectos mineros, en Colombia se actúa mediante las visitas de fiscalización minero ambiental, las cuales se realizan periódicamente y en las cuales se busca hacer un seguimiento al riguroso cumplimiento del Plan de Trabajos y Obras y al cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental o a la Licencia Ambiental. Sin embargo, esto nunca resulta suficiente si no se toman las medidas respectivas para asegurar que, financieramente, el titular minero destine importantes recursos económicos desde el comienzo mismo del proyecto, con el fin de dar estricto cumplimiento al plan de cierre (Moreno, 2014).

No obstante, uno de los grandes problemas en materia de cierre minero en Colombia es la minería ilegal, que si bien el Gobierno Nacional ha tratado de implementar políticas y de desarrollar normatividad en materia de legalización de minería tradicional, al parecer ésta no ha sido lo suficientemente atractiva para que los mineros tradicionales se formalicen, o por el contrario se encuentran en un limbo jurídico llevando a que la minería ilegal continúe y genere riesgos importantes (Moreno, 2014).

Este problema se agrava por la informalidad minera y por la vulnerabilidad de las compañías a las variaciones del precio de los minerales. Una de las principales causas de abandono de minas es la dinámica de los precios de los minerales, la cual hace fluctuar los niveles de intervención minera, al punto que muchas zonas son abandonadas por largos períodos de tiempo sin ningún tipo de control ambiental y son reactivadas nuevamente, sin previa evaluación de las condiciones ambientales producidas por los cierres anteriores, (González Ramírez, 2008) la falta de recursos, accidentes, situación laboral, falta de mercado y cambio de tecnología son causas específicas por las cuales se puede cerrar una mina por un periodo de tiempo (Pamla, 2003).

Sin embargo, aunque existe la normatividad en cuanto al cierre minero en Colombia, existen zonas donde se han cerrado o abandonado actividades mineras sin el control

efectivo por causas como la minería ilegal e informal y la falta de seguimiento y control de las autoridades competentes. Los sitios abandonados permanecen como focos de contaminación provocando la disminución de la capacidad de los suelos y generando problemas de salud a poblaciones de las áreas directamente impactadas (Zegarra & Frias, 2003).

2.2 Instrumentos financieros para el cierre de minas en Colombia

En Colombia, la Ley 685 de 2001 en su artículo 95, define la explotación minera como el *“conjunto de operaciones que tienen por objeto la extracción o captación de los minerales yacentes en el suelo o subsuelo del área de la concesión, su acopio, su beneficio y el cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura”* (Ministerio de Minas y Energía, 2001), por lo que se incorpora la etapa de cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura, como parte integral de la explotación de recursos minerales, actualmente el único instrumento financiero definido por la normatividad, es la póliza minero ambiental la cual se calcula de la siguiente manera:

“Al celebrarse el contrato de concesión minera el interesado debe, dentro de los diez (Marín Fera, 2015) días siguientes a la fecha de celebración del mismo, constituir una póliza de garantía de cumplimiento, para amparar el cumplimiento de obligaciones mineras y ambientales, el pago de multas y la caducidad. En el evento en que la póliza se haga efectiva, subsiste la obligación para el contratista de reponer dicha garantía. El valor asegurado se calcula con base en los siguientes criterios:

- a) Para la etapa de exploración, un 5% del valor anual de la cuantía de la inversión prevista en exploración para la respectiva anualidad.*
- b) Para la etapa de construcción y montaje el 5% de la inversión anual por dicho concepto.*
- c) Para la etapa de explotación equivaldrá a un 10% del resultado de multiplicar el volumen de producción anual estimado del mineral objeto de la concesión, por el precio en boca de mina del referido mineral fijado anualmente por el gobierno.”* (Resolución N° 338, 2014).

Según lo anterior, el valor a asegurar para cada etapa se registrá por las ecuaciones 1, 2 y 3:

$$VG \text{ exploración} = 5\% * IE, \quad (1)$$

$$VG \text{ construcción y montaje} = 5\% * ICM_j, \quad (2)$$

$$VG \text{ explotación} = 10\% * (Px * Vx), \quad (3)$$

Siendo:

VG = Valor de la Garantía a asegurar

i = Años de la etapa de exploración

j = Años de la etapa de construcción y montaje

x = Años de la etapa de explotación.

IE_i = Valor de la inversión de exploración para el año i

ICM_j = Valor de la inversión para construcción y montaje del año j

Px = Producción estimada para el año x

Vx = Precio en boca de mina del referido mineral fijado anualmente por el gobierno

“los riesgos cubiertos correspondientes al incumplimiento de las obligaciones que nacen y que son exigibles en cada una de las etapas del contrato, incluso si su cumplimiento se extiende a la etapa subsiguiente, de tal manera que será suficiente la garantía que cubra las obligaciones de dicha la etapa”. (Resolución N° 338, 2014).

2.3 Instrumentos financieros para el cierre de minas en Latinoamérica

Teniendo en cuenta condiciones similares con Colombia y buscando mejorar los instrumentos financieros que en ella actúan, se presentan a continuación descripciones de los instrumentos financieros para el cierre de minas en países como Argentina, Brasil, Bolivia, Perú y Chile.

2.3.1 Argentina

Aunque la normatividad Argentina no se establece la imposición de una garantía del cumplimiento de las acciones para el cierre y monitoreo post cierre en la industria minera, la Ley de inversiones mineras, estipula que las empresas mineras destinen un monto anual a un fondo de reserva dedicado a financiar medidas de prevención o remediación de impactos al medio ambiente, la cuantía del monto es fijado por la empresa y es deducible de los impuestos a la renta solo hasta una suma equivalente al 5% de los costos de extracción y beneficio operacionales, en el caso de que este fondo no se utilice para remediar impactos ambientales generados por la explotación, este se vuelve tributable al final del ciclo productivo (Gonzales Centeno, 2002), es importante anotar que ésta, responde a las contingencias ambientales durante la operación de la mina y no tiene la intención de cubrir los costos de las actividades de cierre y post-cierre; adicionalmente, la Ley 25.675 de 2002, estipula la constitución de un seguro de cobertura para garantizar el financiamiento de la recomposición del daño que en su tipo pudiere producir, la cobertura tiene por objeto garantizar la disponibilidad de fondos necesarios para recomponer el daño ambiental de incidencia colectiva, causado en forma accidental, independientemente de que el mismo se manifieste en forma súbita o gradual (Ley 25.675, 2002) (Resolución 1398, 2008).

2.3.2 Brasil y Bolivia

Países como Brasil y Bolivia, si bien cuentan con una normatividad que integra la gestión ambiental en las labores mineras, incluyendo la obligatoriedad de la presentación de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) u otro instrumento para la gestión y en los cuales también deben presentar El Plan de Recuperación de Áreas Degradadas (PRAD) en Brasil y El Plan de Cierre y Rehabilitación del Área en Bolivia, los cuales deben ser aprobados por la Autoridad competente (Gonzales Centeno, 2002), es importante señalar que en estos dos países no se contemplan la exigencia de garantías financieras para la etapa de cierre y abandono de las explotaciones mineras.

En cuanto a Bolivia se tienen ideas y estrategias para crear Incentivos económicos por parte del Gobierno Nacional y de orden legal en el Código Minero relacionada a la

protección del medio ambiente principalmente para la pequeña minería dado que esta es la que causa el mayor impacto ambiental, con estrategias enfocadas a facilitar la gestión ambiental y que podrían tener un importante impacto en la mitigación y prevención del daño ambiental. (Devisscher, 2008). No obstante, actualmente existe la Ley de Minería y Metalurgia N° 535, en la cual solo en el Artículo 221 se habla del cierre y la creación de una previsión contable para cubrir los costos de este (Castro, Ferrufino, Taucer, & Zeballos, 2014) (Ley de Minería y Metalurgia N° 535, 2014).

2.3.3 Perú

Perú actualmente cuenta con “*el Decreto Supremo 016-93-EM, Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades Minero Metalúrgicas; el mismo que estableció la obligación de presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para todos los nuevos proyectos mineros, así como la obligación de presentar un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para todas las unidades mineras que se encontraban en operación a la fecha de promulgación de la norma. A su vez el Decreto Supremo 038-98-EM, Reglamento Ambiental para Exploración Minera, determinó la obligación de presentar una Declaración Jurada de impacto ambiental o una Evaluación Ambiental para los proyectos de exploración minera, de acuerdo con la magnitud del proyecto de exploración.*” (Moreno, 2014).

Además, cuenta con Ley General del Ambiente, la cual establece en el artículo 17, que los instrumentos de gestión ambiental pueden ser de planificación, promoción, prevención, control, corrección, información, financiamiento, participación, fiscalización, entre otros, constituyendo los planes de cierre un instrumento de gestión ambiental. La misma Ley en su artículo 27 hace relación a los planes de cierre de actividades mineras (Moreno, 2014).

Adicionalmente, cuenta con la Ley 28090 de 2003 la cual regula los planes de cierre de minas, los cuales deben incluir los costos asociados a estos, antes del inicio de la operación, además, este plan debe ser actualizado durante la vida operativa de la explotación, igualmente, luego del cierre y desmantelamiento de la mina se deben presentar informes de mantenimiento, monitoreo y seguimiento post-cierre. (Marín Fera, 2015). En los casos de pequeños mineros y mineros artesanales se podrá elaborar un Plan de Cierre de Minas para una unidad minera o un grupo de unidades, cuando su ubicación,

condiciones particulares y magnitud de explotación y/o beneficio así lo permita, en todo caso se deben establecer claramente las obligaciones de cada uno de ellos. (Presidente Constitucional de la Republica, Sistema Peruano de información Jurídica, 2006) El Plan de cierre de Minas no es aprobado como parte del Estudio de Impacto Ambiental, en este último se debe entregar un plan de cierre conceptual, y los titulares mineros deberán presentar en un plazo de un año a partir de la aprobación del EIA, el respectivo el Plan de Cierre de Minas para su aprobación. (Presidente Constitucional de la Republica, Minería Artesanal Perú, 2005).

En el Decreto Supremo N° 033-2005-EM, por medio del cual se aprueba el Reglamento para el Cierre de Minas en Perú, se establece en su artículo 47, que como consecuencia de la no constitución de las garantías, no se podrá desarrollar las operaciones de explotación minera, igualmente, el artículo 17, señala que sin el Plan de Cierre aprobado tampoco se podrá desarrollar las operaciones mineras; adicionalmente en el artículo 48, se mencionan que las medidas de cierre progresivo no están sujetas al establecimiento de garantías, solamente en casos en los cuales se constate que dichas medidas no se están cumpliendo de conformidad al cronograma anual del Plan de Cierre de Minas aprobado (Presidente Constitucional de la Republica, Minería Artesanal Perú, 2005). La garantía financiera se constituirá a partir del año siguiente a la fecha de aprobación o modificación del Plan de Cierre de minas dentro de los 12 días hábiles de cada año y se calcula de la siguiente forma:

“El monto de la garantía se calcula restando al valor del Plan de Cierre de Minas, el importe de los montos correspondientes al cierre progresivo, los montos de cierre que se hubieren ejecutado y el importe del monto de las garantías constituidas que hubiere sido actualizado. La garantía se constituye con el aporte de montos anuales, resultantes de la división del monto de la garantía, entre el número de años de vida útil que le restan a la unidad minera. En caso que el titular de actividad minera hubiere incumplido los plazos correspondientes a la ejecución del presupuesto o las medidas de cierre progresivo, el importe total de las mismas será incluido en el monto anual de la garantía” (Presidente Constitucional de la Republica, Sistema Peruano de información Jurídica, 2006), con base a lo anterior se tiene la ecuación (4) como se muestra a continuación:

$$\text{Garantía} = (\text{VPCM} (-/+)) \text{VCP} - \text{VCE} - \text{VGA}) / \text{VU} \quad (4)$$

Donde,

VPCM: Valor del Plan de Cierre de Minas

VCP: Valor Cierre progresivo

VCE: Valor Cierres ejecutados

VGA: Valor garantías actualizadas

VU: vida útil que le restan a la unidad minera

2.3.4 Chile

En Chile, en el año 2012 entró en vigencia la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de las labores e instalaciones mineras, la cual fue reglamentada mediante el Decreto Supremo N° 41 de 2012, en el cual se establece que todas las operaciones mineras deben contar con un plan de cierre de minas debidamente aprobado por el Servicio Nacional de Geología y Minería, existen dos procedimientos para la aprobación de estos planes de cierre, el procedimiento de aplicación general y el simplificado, la aplicación de uno u otro depende de la capacidad de extracción de cada empresa, aplicando el procedimiento de aplicación general a empresas con capacidad superior a 10.000 toneladas de mineral bruto mensual y el simplificado a empresas con capacidad igual o menor a 10.000 toneladas de mineral bruto mensual. (Guía metodológica para la constitución y disposición de la garantía financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones mineras, 2013). (Guía metodológica para la presentación de planes de cierre sometidos al procedimiento de aplicación general, 2014).

La diferencia primordial entre estos procedimientos, es que las empresas evaluadas por el procedimiento de aplicación general, están en la obligación de constituir una garantía financiera para asegurar el cumplimiento total de las medidas y actividades contenidas en el plan de cierre, mientras que las evaluadas por el procedimiento de aplicación simplificado no están obligadas. Dentro del plan de Cierre de las operaciones de procedimiento general, se debe presentar un capítulo en el cual se *“indique la cantidad de dinero o monto representativo del costo del plan de cierre que será garantizado, el período por el cual esa caución se otorgará, de acuerdo a la vida útil del proyecto, y los instrumentos que se utilizarán.”* (Guía metodológica para la constitución y disposición de

la garantía financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones mineras, 2013).

Para el cálculo del monto de la garantía, se debe estimar en Unidades de Fomento, con base en el valor presente de los costos de implementación de todas las actividades de cierre y post-cierre propuestas en el plan de cierre, estos costos incluyen: los costos de cierre de cada instalación, costos administrativos, contingencias que se generen y los costos de las medidas de seguimiento y control en la etapa de post-cierre (Guía metodológica para la constitución y disposición de la garantía financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones mineras, 2013). Es decir, como se puede apreciar en la ecuación 5:

$$\text{Garantía} : VP (\text{Costos de cierre de mina} + \text{costos de Post Cierre}) + \\ (\text{Costos de administracion por terceros} + \text{contingencias}) - \text{Garantías (5)}$$

Según la normatividad chilena, para la constitución de la garantía puede utilizar los siguientes instrumentos:

- a) *“Instrumentos A1: Boletas de Garantía, Certificados de Depósitos a la vista, Certificados de Depósitos a plazo con duración máxima de 360 días, Carta de crédito stand by emitida por un banco cuya clasificación de riesgo sea al menos A o su equivalente.*
- b) *Instrumentos A2: Instrumentos financieros representativos de captación o deuda comprendidos en el artículo 45 del DL 3.500 de 1980, con clasificación de riesgo a lo menos clase A nacional o equivalente internacional.*
- c) *Instrumentos A3: Otros instrumentos, previamente aprobados por el Servicio y la SVS.”*

Para los proyectos mineros posteriores a la implementación de esta normatividad, la garantía se debe constituir a partir del inicio de las labores mineras, para lo cual las empresas tienen un plazo de 30 días para constituir la garantía que no podrá ser menor al 20% del valor presente de los costos totales de plan de cierre, esto es para el primer año, a partir del segundo año, la garantía se constituirá de forma proporcional, hasta llegar al monto total del plan de cierre, según los plazos estipulados, así: para operaciones con vida

útil menor a 20 años, el total del valor presente deberá ser constituido dentro de los primeros dos tercios de la vida útil estimada, y para proyectos con vida útil de 20 años o más, el total de valor presente será dispuesto dentro de los 15 años de vida del proyecto. (Guía metodológica para la constitución y disposición de la garantía financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones mineras, 2013).

A continuación, se presenta el modelo de cálculo de la garantía financiera descrita en la Guía Metodológica Constitución y Disposición de la Garantía Financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Minera:

Para el cálculo del valor presente de los costos de cierre se tiene, como se puede observar en las ecuaciones 6 y 7:

$$T < 20, N = \frac{2}{3}T \quad (6)$$

$$T \geq 20, N = 15 \quad (7)$$

Donde,

$T =$ Vida útil del proyecto

$N =$ Plazo de disposición del valor presente de los costos de cierre de la operación

Entonces, se tiene que el Valor Presente de los costos de cierre para cada instalación se calcula de la siguiente manera, como se puede apreciar en la ecuación 8:

$$VP_{xi} = \frac{VF_x}{(1+BCU)^{(t-i)}} \quad (8)$$

Donde,

$i =$ año

$x =$ instalación

$t =$ Vida útil de la instalación o T (la que sea menor)

$VF_x =$ Costos de cierre de la instalación

$BCU =$ Tasa del bono emitido por el Banco Central de Chile en UF de al menos 10 años

Para los casos en que t sea mayor a T , se debe mantener el VF_x en $T+1$, $T+2$, hasta $T+n$, siendo n el año de cierre de la instalación.

Por lo que el valor presente del cierre para cada año, sería la suma de los VP de cierre de todas las instalaciones de la operación minera así, como se puede apreciar en la ecuación 9:

$$VPT_i = \sum_{x=1}^n VP_{xi} ; x = \text{instalación}, i = \text{año} \quad (9)$$

Donde,

VPT_i = Valor Presente total de cierre por año

VP_{xi} = Valor Presente del año i del costo de cierre de la instalación x

Para el cálculo de la garantía del primer año se tiene, como se puede apreciar en la ecuación 10:

$$C_1 = VPT_1 * 0.2 \quad (10)$$

A partir del segundo año sería, como se puede apreciar en la ecuación 11:

$$C_i = VPT_i * 0.2 + VPT_i * 0.8 \frac{(i-1)}{(N-1)} \quad (11)$$

Donde,

C_i = Garantía para el año i del proyecto

VPT_i = Valor Presente del costo de cierre

N = Plazo de disposición del valor presente de los costos de cierre

i = año

La composición de la garantía se puede realizar utilizando varios instrumentos financieros, sin embargo, está estipulado el porcentaje del monto a garantizar por tercio de la vida útil del proyecto, así como se muestra en la Tabla 1:

Instrumento	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio
A1 (a lo menos)	40%	60%	100%
A2 (Máximo)	40%	40%	0%

A3 (Máximo)	20%	0%	0%
-------------	-----	----	----

Tabla 1. Porcentaje del monto a garantizar por tercio de la vida útil del proyecto.

Fuente: Guía Metodológica Constitución y Disposición de la Garantía Financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Minera.

Igualmente, a medida que realizan los cierres parciales de las operaciones se pueden liberar gradualmente parte de la garantía, así como se muestra en la Tabla 2:

Comienzo de las obras y acciones	Cumplimiento de Hitos Significativos	Cierre final
Hasta un 30%	Hasta un 30%	Al menos un 40%

Tabla 2. Liberación gradual de la garantía.

Fuente: Guía Metodológica Constitución y Disposición de la Garantía Financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Minera

2.4 Instrumentos financieros para el cierre de minas en el mundo

Teniendo en cuenta países con potencial minero y éxito en sus actividades de cierre minero se presenta la recopilación de información de países como Australia, Estados Unidos y Canadá.

2.4.1 Canadá

En la provincia de Ontario en Canadá, se requiere la presentación de una garantía financiera como parte del plan de cierre, estas pueden ser presentadas en las formas de efectivo, el cual debe ser consignado en una cuenta especial para este fin la cual es manejada por el Ministerio de Finanzas, cartas de créditos de un banco autorizado, bono emitido con base a la normatividad sobre seguros (Insurance Act), un fideicomiso de recuperación minera como se define en la Ley de impuestos, cumplimiento de una prueba financiera corporativa de la forma establecida y cualquier otra garantía incluyendo prenda de activos, fondo de amortización o regalías por tonelada, siempre y cuando sean aprobadas por la autoridad competente. El proponente puede aplicar para una reducción en la suma de la garantía financiera si ha realizado medidas de rehabilitación acordes al plan de cierre propuesto (Mining Act, R.S.O. 1990, c. M.14 , 1990).

Mientras que, en la provincia de British Columbia, para obtener el permiso de explotación junto con la solicitud de permiso se debe anexar entre otros, el plan de reclamación para los próximos 5 años, además de un plan conceptual de reclamación final para el cierre y abandono de todas las operaciones mineras donde se incluya el plan a largo plazo del mantenimiento post cierre y el uso propuesto de la tierra y las fuentes de agua, además de los costos estimados totales para llevar a cabo el plan de reclamación a lo largo de la vida útil proyectada de la mina, incluyendo los costos de monitoreo y mantenimiento. (Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division, 2008).

Por normatividad el gobierno del estado de British Columbia debe establecer un fondo conocido como el fondo de reclamaciones de minas, en el cual se paga la seguridad en forma de dinero en efectivo por el titular minero, este dinero debe ir a una cuenta separada en el fondo bajo el nombre de la mina, el Ministro de petróleos, minas y energía es requerido de realizar el pago de una cuenta del fondo, si en opinión del inspector jefe de minas no se requiere este dinero para realizar el cierre de la mina propietaria de la cuenta, es decir, porque ya se realizaron todas las actividades de rehabilitación, este dinero es reembolsado al titular junto con los intereses, o cuando se requiera pagar el costo de los trabajos del plan de reclamación debido a que el titular fallo en la implementación de este plan. (Mining Act, RSBC 1996, c. 293, 1996) Adicionalmente, las formas de instrumentos financieros aceptados por el gobierno son equivalentes de dinero como cheques certificados y giros bancarios, cartas irrevocables de créditos y bonos de garantías. (Stantec Consulting Ltd. , 2016), el valor de la garantía financiera se realiza mediante el cálculo del valor presente neto de los costos estimados del plan de reclamación con la ayuda de plantillas establecidas para su estimación proporcionadas por el Ministerio de Energía y Minas de la provincia (Ministry of Energy and Mines, 2015).

2.4.2 Estados Unidos

En el caso de Estados Unidos, el Código Administrativo de Nevada (NAC por sus siglas en ingles), establece como requisito para la aplicación de los permisos de exploración y operación de minas, la presentación de una garantía ante la División de Minerales del Estado de Nevada o ante la Agencia de Administración de Tierras Federales, para garantizar la recuperación del área intervenida tanto en tierras privadas o federales; entre

las formas aceptadas en el estado de Nevada son: fondo fiduciario, fianzas, cartas irrevocables de crédito, seguros, garantías corporativas, depósitos en efectivo o cualquier combinación de estas, el valor de esta garantía debe ser suficiente para garantizar la recuperación del total del área afectada (Nevada Division of Minerals, Revised Date: 2016), este valor es estimado con base a los costos de ejecución de todas las actividades del plan de recuperación, esta cantidad es revisada por lo menos cada tres años, con el fin de establecer si el monto de la garantía, continua adecuada para ejecutar el plan de recuperación teniendo en cuenta la inflación. Para el cálculo del costo de rehabilitación se desarrolló el Software de “Nevada Standardized Reclamation Cost Estimator” (SRCE), es decir el Estimador de costos estandarizados de reclamación de Nevada, el cual fue un esfuerzo corporativo entre la División de Protección Ambiental de Nevada, La Oficina de Regulación y Reclamación Minera, Departamento del interior de Estados Unidos – Oficina de Administración de tierras y la Asociación Minera de Nevada, este Estimador es de versión libre (Standardized Reclamation Cost Estimator, 2018).

Según la sección 40 del capítulo 19, del título 27 de los Estatuto del estado de Alaska, se requerirá una garantía financiera individual de un valor que no exceda la cantidad razonable que sea necesaria para asegurar una adecuada ejecución del plan de rehabilitación aprobado, esta cantidad no puede exceder los \$750 por cada acre de área minada, esto último no aplica para minería subterránea, adicionalmente, el gobierno podrá establecer un fondo común a nivel estatal como garantía financiera individual de operaciones mineras en función del costo proyectado del plan de recuperación, sin embargo, en este fondo no pueden participar operaciones que procesaran químicamente el mineral o si tiene potencial de generar acido. Las formas de garantías financieras aceptadas por el gobierno del estado de Alaska son: Fianzas, cartas de crédito, certificado de depósitos, garantía corporativa según los criterios de la prueba financiera establecida en la normatividad, pagos y depósitos dentro de fondos fiduciarios u otra forma que cumpla con los criterios de la prueba financiera establecida en la normatividad (Alaska State, Version 2007).

2.4.3 Australia

En Australia la legislación exige que todas las minas realicen una rehabilitación progresiva y que proporcionen las disposiciones de seguridad financiera adecuadas para rehabilitar

satisfactoriamente todas las perturbaciones relacionadas con la minería. (Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry, 2016) Para el caso del estado de Queensland, se requiere la presentación de una garantía financiera antes de llevar a cabo cualquier actividad minera, el monto de esta será propuesto por la empresa basados en los costos de rehabilitación, estos debe ser respaldados por cotizadores externos calificados, estos costos deben incluir: el desmantelamiento de toda la infraestructura, las actividades requeridas para la rehabilitación, mantenimiento y monitoreo, 3% de ajuste por inflación y los costos de la inspección final para la verificación que se hayan cumplido las condiciones. Las compañías mineras pueden solicitar un descuento a la cantidad de la garantía de hasta del 30%, el cual puede ser otorgado al demostrar un buen historial ambiental, nivel de cumplimiento y buen estado financiero por un periodo de dos años. Se requiere que el mecanismo de aseguramiento sea “incondicional, irrevocable, pagadero de inmediato a pedido y sin referencia a otra persona y disponible hasta que se hayan cumplido todas las obligaciones”. Adicionalmente, la normatividad del estado de Queensland establece que la Autoridad podrá exigir al solicitante que pague una cantidad determinada por los riesgos residuales de la zona rehabilitada, esto se llama pago de riesgo residual, diseñado para cubrir responsabilidades a largo plazo. (Dondo, 2014).

El caso de Western Australia, es diferente a los otros casos estudiados, en julio de 2013, el gobierno estatal introduce una nueva forma de garantía para reemplazar el sistema bonos incondicionales de cumplimiento, debido a que se consideró que no eran apropiados para proporcionar un nivel adecuado de garantía al gobierno en el caso de minas abandonadas antes de ser rehabilitadas, es por ello que se crea El Fondo de Rehabilitación Minera cuyo propósito principal es proveer una fuente de financiamiento para la rehabilitación de la minas abandonadas y otras áreas afectadas por las operaciones mineras, estableciéndose el impuesto de rehabilitación minera, el cual es obligatorio para todas las minas autorizadas, el pago se realiza anualmente, este gravamen no exime a los operadores mineros de realizar un adecuado cierre de mina; para el cálculo de este impuesto, se basan en el costo promedio esperado de rehabilitación de diferentes tipo de usos o disturbios de la tierra, multiplicado por un porcentaje de contribución establecido en el 1%, (Western Australia, 2012) (Western Australia Department of Mines and Petroleum, 2015) es decir, como se puede apreciar en la ecuación 12:

$$I = [\sum(H_n * C_n)] * 1\% \quad (12)$$

Siendo,

I = Valor del impuesto de rehabilitación minera

H= Número de hectáreas intervenidas con las obras o infraestructura de clase n.

C= Costo promedio esperado de rehabilitación de las áreas clase n.

n= Clases de áreas categorizadas por el gobierno de Western Australia, las cuales van de 1 a 5

2.5 Tipos de instrumentos financieros para el cierre de minas

A nivel mundial existen diferentes tipos de instrumentos financieros que pueden ser utilizados como garantías, el banco mundial realiza una buena descripción de cada uno de ellos, estos se enuncian a continuación:

- a) Carta de crédito: Es un incondicional acuerdo entre el banco y el proponente con el fin de proporcionar a un tercero (gobierno), los fondos acordados, esta carta incluye los términos y condiciones entre el proponente y el gobierno frente a los programas de rehabilitación y sus costos asociados; esta carta se renueva anualmente, si el banco no la renueva y el proponente no provee una alternativa adecuada de seguro, el gobierno puede requerir el pago total de la cantidad de la carta de crédito, además, el gobierno usualmente especifica los bancos de los cuales acepta las cartas de crédito.

- b) Fianza: Es un acuerdo entre una compañía de seguros y el proponente con el fin de proveer de fondos a un tercero bajo ciertas circunstancias, igualmente este bono incluye los términos y condiciones acordadas por el proponente y el gobierno, cualquier cambio en este bono debe contar con el consentimiento de todas las partes involucradas. Este tiene una duración específica de tiempo y puede ser renovada, durante este periodo de tiempo puede ser aumentada o disminuida dependiendo de las modificaciones del programa de rehabilitación.

- c) Fondos fiduciarios: Es un arreglo entre la compañía de seguros y el proponente, con el solo propósito de financiar la rehabilitación del sitio. Además de un Fondo Fiduciario, debe haber un acuerdo firmado entre el proponente y el gobierno, administrado por la compañía fiduciaria que estipule la responsabilidad del proponente con respecto al fideicomiso. Este acuerdo debe especificar que un Fondo Fiduciario es para proporcionar seguridad para los costos de rehabilitación para un sitio en particular, la cantidad total requerida y un esquema de calendario de pagos. Un fondo fiduciario debe ser mantenido por una compañía que esté autorizada bajo la legislación pertinente. Los tipos de inversión disponibles para el administrador del fondo deben ser decididos por el proponente y el gobierno, y especificados en el acuerdo. Las contribuciones a un Fondo Fiduciario generalmente se estructurarían como una serie de pagos durante un período de tiempo específico. La gestión y el desempeño de un Fondo Fiduciario deberían estar sujetos a revisiones periódicas.
- d) Efectivo, giro bancario o cheque certificado: Se puede hacer un depósito para una garantía financiera como efectivo, un giro bancario o un cheque certificado. Los fondos deben colocarse en una cuenta de propósito especial bajo la administración de la institución financiera, con el gobierno y la compañía con los poderes de signatarios conjuntos.
- e) Garantía de la compañía: Una Garantía de la Compañía, que también se puede llamar una Prueba Financiera Corporativa, una Prueba de Balance o una Auto-Garantía, se basa en una evaluación de los activos y pasivos de la compañía y su capacidad para pagar los costos totales de rehabilitación. Una Garantía de la Compañía requiere una larga historia de estabilidad financiera, una calificación crediticia de un servicio especializado de calificación crediticia y al menos un estado financiero anual preparado por una firma de auditoría acreditada.
- f) Póliza de seguro: Existe una amplia gama de opciones de seguros, pero, hasta hace poco, ninguna se había diseñado específicamente para cubrir los costos de rehabilitación a largo plazo. Las formas generales de seguro, como el financiamiento de primas, la responsabilidad general comercial y la indemnización profesional, normalmente no cubren los pasivos ambientales. Una ventaja

importante de un plan de seguro es que las primas pagadas en una póliza generalmente son deducibles de impuestos.

- g) Unidad de extracción: La opción de Impuesto de Participación requiere que la garantía financiera se pague en cuotas regulares, los pagos se basan en la cantidad de mineral o residuos extraídos o molidos. El nivel de pagos por tonelada se calculará en la vida propuesta de la mina, los costos de cierre estimados y la tasa de extracción. Los pagos de garantía financiera pueden ser en efectivo, carta de crédito o garantía de fianza. El proponente realizaría pagos al fondo hasta que se alcanza el monto total de la garantía financiera. En algunas jurisdicciones, se requiere que la garantía financiera se pague en su totalidad antes de la vida media de la mina. Los acuerdos de garantía financiera firmados deben incluirse con un plan de cierre que incorpore los términos y condiciones para la cantidad, la forma y el calendario de los pagos.
- h) Fondo de amortización: Un fondo de amortización es un método de pagos incrementales en una garantía de Carta de Crédito, Fianza o Efectivo. Se establece un cronograma de pagos al momento de establecer la garantía financiera. El proponente realizaría pagos en el fondo hasta que se alcanzara el monto total de la garantía financiera. Los acuerdos incluyen términos y condiciones en cuanto a los montos, la forma y el momento de los pagos.
- i) Juramento de activos: En algunas jurisdicciones, un Compromiso de Activos es una forma aceptable de garantía financiera. Esto toma la forma de todos los equipos sobrantes y chatarra que permanecen en el sitio de la mina una vez que cesan las operaciones. Si se utiliza una pignoración de activos como garantía financiera, se deben tener en cuenta varios factores, como por ejemplo que los activos estén libres y sin gravámenes, que los activos sean fijos y no se mueven fácilmente, que los activos no están contaminados y que existe una demanda de mercado por los activos. La estimación de valor debe ser llevada a cabo por un tercero, debe incluir el costo de recuperación y transporte del sitio al mercado y debe recalcularse periódicamente. Sin embargo, esto generalmente se considera una forma de garantía financiera de alto riesgo y no se acepta en muchos países.

- j) Fondo común: En algunas jurisdicciones, la industria tiene permitido establecer un Fondo común que recibe contribuciones de todos los operadores mineros en la región y es administrado por la industria. Sin embargo, esta no es una forma particularmente popular de garantía financiera, ya que está en gran parte fuera del control del gobierno y puede dar lugar a empresas responsables que subsidien a las empresas irresponsables.
- k) Transferencia de responsabilidad: Se han llevado a cabo algunas investigaciones sobre la posibilidad de establecer una empresa especializada específicamente para llevar a cabo la rehabilitación del sitio de la mina. Esta empresa tendría un acuerdo contractual con la compañía minera involucrada y sería responsable de proporcionar cobertura de seguro. Esta forma de garantía financiera no está actualmente disponible en ninguna jurisdicción. (Seccatore, Marin, Tomi, & Veiga, 2014).

Del análisis de la información recopilada en este capítulo, se plantea el modelo de garantía financiera a proponer en el presente trabajo con énfasis en el modelo de la estructura de costos para la estimación del plan de cierre, en este se describe las características del modelo, su metodología y definición del modelo de cálculo del monto de la garantía.

3 Definición del Modelo de Garantía Financiera

En este capítulo se presenta la propuesta y/o adaptación del modelo de garantía financiera para proyectos mineros de oro a pequeña escala con base en literatura expuesta en los capítulos anteriores. Este modelo consta de dos partes, la primera, la definición del modelo para el cálculo de dicha garantía, y la segunda, el establecimiento de las variables y parámetros para la estimación de los costos o modelo de costos de un plan de cierre minero típico, con el objetivo que sirvan como guía para la pequeña minería de oro en Colombia.

3.1 Características del modelo de garantía

Para la estimación de los costos del plan de cierre minero y el posterior cálculo de la garantía financiera se establecen las siguientes características, dándole un enfoque desde la parte regulatoria, es decir la Autoridad Ambiental, las características a continuación se basan en los modelos de países como Chile, Canadá, Perú, Australia y Estados Unidos:

- a) Los costos a incurrir en la ejecución del plan de cierre y abandono se realizan al final de la explotación minera, es decir, para el establecimiento del monto inicial de la garantía financiera no se va a tener en cuenta las actividades del cierre progresivo.
- b) Las actividades propuestas en el plan de cierre y abandono son realizadas por terceros, por lo que se tiene en cuenta precios de contratistas o porcentaje de ganancia.
- c) La estimación de costos, incluye todos los costos de cada una de las actividades propuestas para el cierre de cada una de las instalaciones del proyecto y las actividades de post-cierre.
- d) Los costos indirectos son estimados como porcentajes de los costos directos, en estos costos se incluye un porcentaje para contingencias.

- e) La garantía financiera se debe establecer antes de inicio de las labores de explotación.

3.2 Cálculo de la garantía financiera

En cuanto al cálculo del monto de la garantía se tiene que el denominador común de estos instrumentos en los diferentes países estudiados en el capítulo anterior, es que dicha garantía sea cual sea su forma, es solicitada antes del inicio de las labores extractivas y cuyo monto a asegurar es el valor estimado del plan de cierre. Para la selección de la ecuación se analizan dos casos, en primer lugar se tiene la metodología empleada en Chile, donde, como ya se estudió en el capítulo anterior, la garantía se calcula con base al valor presente de neto de la estimación de los costos de cierre por cada instalación, en el cual a partir del segundo año la garantía se calcula como se muestra en la ecuación (11) del inciso 2.3.4 del documento, así:

$$C_i = VPT_i * 0.2 + VPT_i * 0.8 \frac{(i-1)}{(N-1)} \quad (11)$$

Estimándose el valor presente del costo del cierre para cada una de las instalaciones como se muestra en la ecuación (8) del inciso 2.3.4, es decir:

$$VP_{xi} = \frac{VF_x}{(1+BCU)^{(t-i)}} \quad (8)$$

Sin embargo, es de resaltar que esta metodología es aplicada a operaciones mineras con capacidad mayor a 10.000 toneladas mensuales de mineral y a operaciones en su mayoría a cielo abierto.

El segundo caso a analizar es el propuesto en el año 2013, en el proyecto de Ley para el cierre de minas en Colombia, elaborado mediante convenio suscrito por la unidad de planeación minero energética – UPME, para la realización del estudio y reglamento para implementar los planes para cierre de minas y su infraestructura asociada – contrato N° 1954705-13 (M&M Estudio Jurídico, 2013), en este se incluye el cálculo del monto de la garantía como el valor del plan de cierre con fundamento en el principio del valor del dinero en el tiempo, expresándose en la ecuación 13, como sigue:

$$VG = VC * (1 + i_{op})^n * (i_{op}) \quad (13)$$

Donde,

VG = Valor de la garantía financiera

VC= Valor total de los costos contemplados en el Plan de Cierre

i_{op} =Tasa de interés efectiva anual indicada por el regulador

Adicionalmente, se propone una clasificación de proyectos mineros para efecto del cálculo de la garantía financiera, en el cual, se tiene que para los proyectos tipo 2 (pequeña minería), la garantía a constituir es un depósito de dinero con una cuota de amortización dada por la ecuación 14:

$$VG = \frac{VC*(1+i_{op})^n*(i_{op})}{(1+i_{op})^n-1} - a \quad (14)$$

Donde,

VG = Valor de la garantía financiera

VC= Valor total de los costos contemplados en el Plan de Cierre

i_{op} = Tasa de interés efectiva anual indicada por el regulador

n= número de años proyectados para la ejecución del cierre.

a= inversiones en el Plan de cierre.

Para el caso concreto del presente trabajo de maestría, el cual se enfoca en la pequeña minería de oro, se considera como la expresión más adecuada para el cálculo de la garantía financiera, en la cual se garantice el monto de los costos del plan de cierre, la establecida en la ecuación (13), debido a que el expresión dada en el ecuación (14) hace referencia a la forma de constitución de dicha garantía.

3.3 Modelo de costos del plan de cierre y abandono

La factibilidad de los mecanismos de aseguramiento o garantías financieras requiere que se cuente con una razonable estimación de los costos a ser asegurados, debido a que si los costos son subestimados la garantía estaría incompleta y el regulador (El Estado) estaría forzado a cubrir el valor faltante y si los costos son sobrestimados se corre el riesgo de desalentar la inversión en el sector (Ferreira, Suslick, Farley, Costanza, & Krivov, 2003).

Es por esto que escoger un método apropiado de estimación de los costos de cierre es vital para el éxito de la garantía financiera.

En la normatividad peruana, la estimación de los costos del plan de cierre de minas debe incluir todos los costos directos e indirectos de las medidas de cierre propuestas en el plan, así como los que están relacionados con la supervisión, contingencia, contratación de terceros, los de carácter complementario como servicios legales y administrativos para la cobranza de la garantía entre otros y el reajuste de estos (M&M Estudio Jurídico, 2013). Mientras que la legislación australiana, menciona que la estimación debe incluir los costos referentes a: movimientos de tierra, manejo de materiales peligrosos, investigaciones y pruebas, desmantelamiento y remoción de la infraestructura, remediación de la contaminación, rehabilitación progresiva, mantenimiento y monitoreo incluida la fase de post-cierre, administración, consultorías, requerimientos legales, equipos y maquinaria para el cierre (Haymont, 2012).

A nivel mundial existen metodologías y/o guías para la estimación de los costos de los planes de cierre, entre ellos se encuentra, como ya vimos en el capítulo anterior, el Standardized Reclamation Cost Estimator (SRCE) software, para el estado de Nevada, Estados Unidos, el cual es de consulta libre, este modelo provee una serie de establecimientos y herramientas estandarizadas para la estimación de los costos del plan de cierre de proyectos mineros (State of Nevada, 2018), adicionalmente, encontramos “RECLAIM” en Canadá y “Rehabilitation Cost Calculation Tool” en Australia, todos estos tienen en común que son modelos desarrollados en Microsoft Excel, en los cuales se estiman los costos directos de cada actividad requerida para el cierre, rehabilitación y abandono de las áreas intervenidas por los proyectos mineros.

La estructura de estimación de costos, se basa generalmente en la referencia cruzada con la ayuda de hojas de cálculo en Microsoft Excel, en estas se calculan los costos directos de cada actividad para el área a rehabilitar y estas a su vez están vinculadas a hojas de cálculo con las estimaciones de productividad de los equipos, mano de obra, combustible, costo de materiales, etc. (DOWL, 2015).

En el caso de la normatividad en Colombia, solamente se establece como requisito la inclusión de la proyección de costos en el plan de cierre, sin embargo, no se cuentan con

guías, modelos o metodologías para la estimación de estos costos, por lo que, a continuación se propone un modelo de estimación de los costos del plan de cierre y abandono para un proyecto de pequeña minería de oro con base a las metodologías establecida en (Haymont, 2012) y (DOWL, 2015). Esta consiste en la presentación de un reporte de proyección de costos directos e indirectos del plan de cierre ejecutando los siguientes pasos:

1. Identificación y división del proyecto por áreas objeto del cierre.
2. Definición del uso de suelo post minería.
3. Identificación de las actividades y/o acciones específicas para el cierre, Rehabilitación y abandono de cada una de las áreas del proyecto.
4. Establecimiento de las medidas físicas de los elementos a intervenir.
5. Establecimiento de las unidades de los costos de las medidas.
6. Elaboración de la estructura de estimación de costos directos con la ayuda de Microsoft Excel.
7. Estimación de los costos indirectos con base a porcentajes de los costos directos.
8. Cálculo de la garantía financiera.

A continuación se presenta en la Figura 1, de manera esquemática y resumida, el modelo propuesto para la estimación de los costos del plan de cierre de minas y en el capítulo siguiente se realizará la aplicación de este modelo en un caso de estudio.

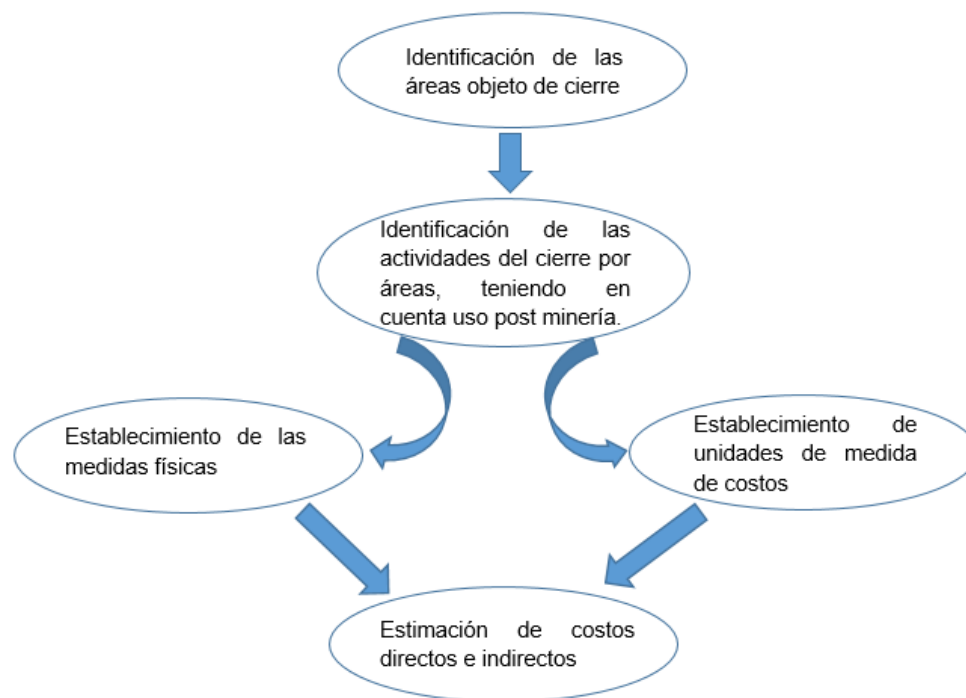


Figura 1. Modelo propuesto para el cálculo de los costos de implementación del plan de cierre minero.

4 Caso de Estudio

Definida la metodología, las características y la ecuación del cálculo de la garantía, a continuación se presenta la aplicación del modelo de la estructura de costos propuesto, primeramente se realiza la revisión de proyectos con el fin de analizar las estructuras de costos utilizadas en proyectos reales y activos y su relación con la póliza minero ambiental, para luego desarrollar el modelo en una mina hipotética de oro subterránea con similares características a las analizadas en la revisión de expedientes.

4.1 Revisión de expedientes

Para el cumplimiento del cuarto objetivo específico, en primer lugar, se realizó la consulta de diez (10) expedientes de proyectos mineros de oro subterráneos, seleccionados al azar, en la subregión del nordeste antioqueño, conocida por la alta presencia de minería de oro, esta subregión hace parte de la jurisdicción de la Oficina Territorial Zenufaná de la Corporación Autónoma del Centro de Antioquia – Corantioquia, los expedientes seleccionados cuentan con licencia ambiental otorgada por dicha Corporación. Por medio de memorando 160-MEM1803-2076 del 20 de marzo de 2018, se solicitó permiso de revisión de expedientes de licencias ambientales otorgadas a proyectos mineros para lo cual, Corantioquia responde que debido al carácter de documento público de estos expedientes no se requiere de un permiso, sin embargo, para mantener la confidencialidad de los propietarios se identifican los proyectos mineros consultados como Mina 1, Mina 2,..., y Mina 10.

4.1.1 Materiales y Métodos

La revisión realizada se llevó a cabo de manera física de cada uno de los expedientes de las licencias ambientales otorgadas por Corantioquia a proyectos de explotación minera de oro en la jurisdicción de la oficina territorial Zenufaná, en los cuales, está contenido el Estudio de Impacto Ambiental y/o el Plan de Manejo Ambiental presentado en la solicitud de licencia y en el cual, debería reportar información sobre las actividades de cierre y

abandono de las minas y sus respectivos costos. Esto se realiza con el fin de conocer los modelos de costos utilizados por este tipo de proyectos y obtener información real para la aplicación del modelo propuesto.

4.1.2 Resultados y Análisis

En el Anexo 1, se presenta la información relevante de cada uno de los diez (10) expedientes de licencias ambientales consultados. En esta revisión se encontró que de los diez Estudios de Impacto Ambiental (EIA), solo tres contenían información de los costos de los planes de cierre propuestos, como se muestra a continuación:

En primer lugar, con el fin de analizar la distribución de los costos para cada uno de los proyectos, se definen nomenclaturas para cada actividad o grupo de actividades relacionadas y así unificar las estructuras de costos, como sigue:

Ct = Costos totales

Cf = Cierres de frentes

Re = Rehabilitación paisajística (incluye perfilado del terreno y control de estabilidad)

Rv = Revegetaliación

D = Desmantelamiento de infraestructura y equipos

M = Seguimiento y Monitoreo post-cierre

A = Costos administrativos

Cg = Contingencias

S = Aspectos Sociales

A continuación se realiza un resumen de cada una de las tres unidades productivas mineras, que para el caso de esta investigación cuentan con la información necesaria para la definición del modelo:

1) Mina 2:

Para la mina 2 se tiene que las actividades propuestas de cierre y abandono incluyen:

- a) Desmonte de instalaciones.
- b) Control de hundimientos al interior de los túneles de explotación.

- c) Cierre de la bocamina con el fin de reducir el riesgo sobre la seguridad humana y el riesgo de contaminación de fuentes de agua por drenaje ácido.
- d) Nivelación y estabilización de los botaderos de estéril.
- e) Revegetalización.

La estructura de costos para la mina 2 es la que se muestra en la Tabla 3:

N°	Descripción	Un.	Cant.	Costo unitario	Costo total	Porcentaje de distribución
1	Retroexcavadora para nivelar ya adecuar terreno, incluye operario y auxiliares.	Gl	1	10.000.000	10.000.000	54.95%
2	Suministro y siembra de plantas adaptativas al área del proyecto.	Un	150	8.000	1.200.000	6.59%
3	Revegetalización de área.	M2	1000	6.500	6.500.000	35.71%
4	Suministro de abonos e insumos.	Gl	1	500.000	500.000	2.75%
Costo total					18.200.000	100.00%

Tabla 3. Estructura de costos del plan de cierre y abandono de la mina 2

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Mina 2 y elaboración propia. * Unidad de medida (Global)

En la Tabla 3 se muestra la estructura de costos para el proyecto minero mina 2, en esta, no se incluyeron los costos asociados a las actividades de desmonte de instalaciones, control de hundimientos y cierre de mina, mostrando una distribución de costos de casi 50-50 para las actividades de rehabilitación paisajística y revegetalización, encontrándose la ecuación 17:

$$Ct = 54.95\% Re + 45.05\% Rv \text{ (17)}$$

2) Mina 5:

Para la mina 5 plantean las siguientes acciones:

- a. Realizar relleno natural de túneles abandonados y un encerramiento de socavones.
- b. Establecer salidas de agua y gases.
- c. Señalizar adecuadamente, instalando señalización preventiva que indiquen que la zona está en proceso de rehabilitación.

- d. Control y tratamiento de los drenajes mineros.
- e. Proteger los afloramientos y fuentes de agua.
- f. Adecuación y monitoreo de depósitos de colas contaminadas y estériles.
- g. Evaluación y seguimiento continuo de todos los procesos de rehabilitación ambiental.
- h. Programa de reforestación y emperadización
- i. Retiro de infraestructura.

La estructura de costos para la mina 5 es la que se describe en la Tabla 4:

Actividades	Costos (\$)	Porcentaje de distribución
Clausura de túneles	1'000.000	2.58%
Retiro de elementos (maquinas, infraestructura, etc.)	25'000.000	64.43%
Recuperación de áreas afectadas en superficie	12'000.000	30.93%
Mantenimiento de áreas recuperadas	800.000	2.06%
Entrega de área recuperadas	0	0%
Total	38'800.000	100.00%

Tabla 4. Estructura de costos del plan de cierre y abandono de la mina 5.

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Mina 5 y elaboración propia.

Al igual que la estructura de costos de la mina 2, los costos estimados para la mina 5 no tiene en cuenta los costos de actividades relacionadas en el plan de manejo propuesto, como la señalización, control y tratamiento de drenaje mineros, adecuación y monitoreo de depósito de colas contaminadas y estériles, entre otros, en cuanto a la distribución de los costos del plan se obtiene la ecuación 18:

$$Ct = 2.58\% Cf + 64.43\% D + 30.93\% (Re + Rv) + 2.06\% M \quad (18)$$

3) Mina 6:

Se proponen las siguientes acciones iniciales:

- a. Realizar relleno natural de túneles abandonados y un encerramiento de socavones.
- b. Establecer salidas de agua y gases.
- c. Señalizar adecuadamente, instalando señalización preventiva que indiquen que la zona está en proceso de rehabilitación.

- d. Control y tratamiento de los drenajes mineros, que empieza con el adecuado diseño de la presa de relaves
- e. Proteger los nacimientos y fuentes de agua.
- f. Adecuación y monitoreo de depósitos de colas contaminadas y estériles.
- g. Evaluación y seguimiento continuo de todos los procesos de rehabilitación ambiental.
- h. Para finalizar se realizará un programa de áreas afectadas que incluya reforestación y empradización.
- i. Retiro de infraestructura.

La estructura de costos para la mina 6 es la que se describe en la Tabla 5:

Actividad	Valor (\$)	Porcentaje de distribución
Construcción presa de relaves	200'000.000	
Estación de monitoreo	40'000.000	9.71%
Capacitaciones a personal	12'000.000	2.91%
Actividades con la comunidad para reconversión económica	130'000.000	31.55%
Desmantelamiento	80'000.000	19.42%
Adecuación del área para entrega a la comunidad	150'000.000	36.41%
Total	612'000.000	100.00%

Tabla 5. Estructura de costos del plan de cierre y abandono de la mina 6.

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Mina 6 y elaboración propia.

Para el caso de la mina 6, se encontró que las actividades propuestas de cierre y rehabilitación de las áreas son exactamente las mismas que las propuestas en la mina 5 y en la mina 4, esto debido a que si bien son titulares diferentes, los consultores encargados de realizar los respectivos estudios son los mismos, lo que indica que las actividades que se están proponiendo en los planes de cierre, por su carácter genérico, pueden dejar por fuera particularidades de la zona intervenida, en este caso particular, la mina 5 se localiza en el municipio de Amalfi y la mina 6 en el municipio de Segovia, no obstante lo anterior, la estructura de costos es diferente para cada uno de los proyectos. Un caso similar ocurre con las minas 7 y 8, que pertenecen al mismo titular pero en municipios diferentes y para las cuales se proponen las mismas actividades de plan de cierre.

Para el análisis de la distribución de costos de la mina 6, no se tuvo en cuenta la actividad de construcción de la presa de relaves, debido a que esta actividad no corresponde en sí,

a una actividad de cierre sino a una medida de manejo ambiental de las colas del beneficio minero, por tanto, tenemos la ecuación 19:

$$Ct = 36.41\% (Cf + Re + Rv) + 19.42\% D + 9.71\% M + 34.46\% S \quad (19)$$

De las distribuciones de costos de las tres minas analizadas no se pudo establecer alguna relación entre ellas, sin embargo, para analizar la pertinencia o no de la póliza minero ambiental, a continuación se calcula dicha póliza a valores presentes de los costos estimados, así:

Mina 2

De los datos del Estudio de Impacto Ambiental se tiene que la mina proyecta una producción en planta de 26Ton/día y un tenor promedio de 6,3 gr de oro/tonelada, asumiendo los días de trabajo en 26 al mes, se tiene que la producción en gramos de oro anuales es de 51.105,6, por lo que para el año 2018, con la normatividad actual, el monto de la póliza minero ambiental se calcularía con base en la ecuación (3) así:

$$VG \text{ explotación} = 10\% * (Px * Vx), \quad (3)$$

Siendo,

$$Px = 51105.6 \text{ gr Au}$$

$$Vx = \$ 94,930 \text{ (BanRepublica, mes de May/2018)}$$

$$\text{Por lo que } VG = 10\% * (51.105,6 \text{ gr} * \$94.930/\text{gr}) = \$ 485'147.249,50$$

Calculando el valor actual de los costos, como el valor futuro de la estimación realizada, tenemos que para una inflación promedio del 5% y n=10 años (debido a que la estimación se realizó en el año 2008), los costos del plan de cierre para la mina 2 son de \$ 29'645.882.

Mina 5

Para el caso de la mina 5, se tiene que la producción anual estimada es de 5.928 gramos de oro, por lo aplicando la ecuación (3), el monto de la póliza minero ambiental es:

$$VG = 10\% * (5.928 \text{ gr} * \$94.930/\text{gr}) = \$ 56'274.711$$

Calculando el valor actual de los costos, como el valor futuro de la estimación realizada, tenemos que para una inflación promedio del 5% y n= 6 años (debido a que la estimación se realizó en el año 2012), los costos del plan de cierre para la mina 5 son de \$ 51'995.711.

Mina 6

De la misma manera que en la mina 2, se tiene para la mina 6, una producción estimada de 100 Ton/día y un tenor promedio 5,6 gr/Ton, asumiendo los días de trabajo en 26 al mes, se tiene que la producción en gramos de oro anuales es de 174.720, aplicando la ecuación (3) se obtiene:

$$VG = 10\% * (174.720 \text{ gr} * \$94.930/\text{gr}) = \$ 1'658.623.075,20$$

Calculando el valor actual de los costos, como el valor futuro de la estimación realizada, tenemos que para una inflación promedio del 5% y n= 7 años, los costos del plan de cierre para la mina 5 son de \$ 579'725.374.

De la revisión de los expedientes, se encontró que no se sigue una estructura de costos detallada para ninguno de los casos, por lo que no se puede establecer si la estimación realizada es la adecuada, adicionalmente, para algunos de los proyectos en los costos no se tuvieron en cuenta actividades propuestas del plan de cierre y todos los costos, fueron estimados, como es natural, como si el mismo proyecto fuera a ejecutar las obras de cierre y abandono, lo que no ocurriría en el caso de una bancarrota de la empresa, por lo que el valor del plan de cierre en cada caso, para el escenario del cálculo de una garantía, puede ser mucho mayor al estimado.

En cuanto a la metodología utilizada actualmente en Colombia para el cálculo de la póliza minero ambiental, al ser el monto a cubrir dependiente del mercado de precios del mineral y de la producción, este fluctúa conforme fluctúa los precios del oro en este caso, además, para proyectos de pequeña minería como lo es la Mina 5, el monto de la póliza posiblemente no cubriría el costo del plan, debido a que si bien como se presentó anteriormente el cálculo del monto de la póliza en el presente cubriría un monto superior al valor del costo estimado del plan de cierre capitalizado a pesos actuales, al momento de variar la tasa de descuento esta situación cambia, ejemplo de esto fue al variar la tasa del 5% al 12% para el caso de la mina 5 (la cual es la que tiene menor producción) el valor

a pesos actuales del plan de cierre sería de \$ 76'584.320, un monto superior al que cubriría la póliza hoy, es decir \$ 56'274.711.

4.2 Caso Hipotético

Con el fin de presentar una aplicación del modelo propuesto adaptado a las condiciones de la pequeña minería de oro en Colombia, se toma un caso hipotético teniendo en cuenta alguna de las características de los proyectos mineros analizados, para fines académicos se presenta un caso en el cual se tenga la presencia de toda las actividades e infraestructuras propias de la minería de oro, cuyas características son las que se muestran en la Tabla 6.

Mineral	Oro
Tipo de Explotación	Subterránea
Producción	1000 ton/año
Tenor	6 gr/ton
Vida Útil	20 años
Número de Bocaminas	2
Área Bocamina	500 m ²
Área Planta de Beneficio	2000 m ²
Área Escombrera	3000 m ²
Área Presa de Relaves	4000 m ²
Área oficina	50 m ²
Área polvorín	50 m ²
Área talleres	70 m ²
Área almacén	30 m ²
Área subestación eléctrica	20 m ²
Área campamento	4000 m ²
Vías	1200 m

Tabla 6. Parámetros técnico-económicos para el caso hipotético.

En la figura 2 se presenta esquemáticamente la metodología para la estimación de los costos del plan de cierre de la mina hipotética.

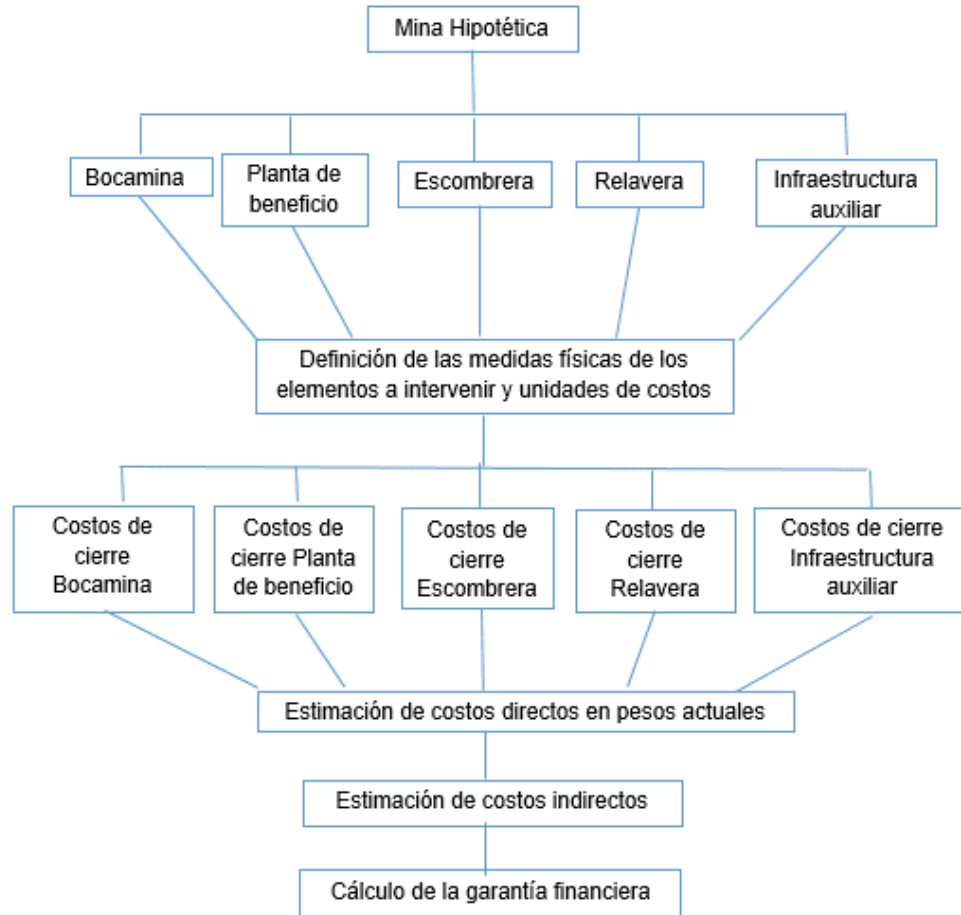


Figura 2. Metodología para la estimación de los costos del plan de cierre de la mina hipotética.

A continuación se desarrolla para la mina hipotética la metodología propuesta, así:

1. Identificación y división del proyecto por áreas objeto del cierre:

De la información anterior, se puede dividir el proyecto en 5 áreas principales así:

1. Bocamina
2. Planta de beneficio
3. Escombrera
4. Relavera
5. Infraestructura auxiliar

2. Definición del uso de suelo post minería:

Para fines de la presente investigación se define como uso del suelo post-cierre, el de forestal protector, por lo que deberá retirar toda la infraestructura del área.

3. Identificación de las actividades y/o acciones específicas para el cierre, Rehabilitación y abandono de cada una de las áreas del proyecto:

Se propone para cada una de las áreas identificadas las siguientes actividades de cierre:

1. Bocamina

- a. Retiro de equipos y cables eléctricos
- b. Cierre y señalización preventiva de bocaminas
- c. Impermeabilización y manejo de drenajes mineros
- d. Refuerzo de sitios inestables al interior de la mina.
- e. Cierre de accesos
- f. Revegetalización

2. Planta de beneficio

- a. Desmantelamiento y retiro de instalaciones, equipos y cables eléctricos
- b. Perfilado del terreno
- c. Revegetalización
- d. Manejo de residuos ordinarios y peligrosos

3. Escombrera

- a. Perfilado del terreno
- b. Construcción de cunetas perimetrales para el desagüe de las aguas lluvias.
- c. Capa impermeable para prevenir la acidificación de las aguas
- d. Cierre de accesos y señalización
- e. Revegetalización

4. Relavera

- a. Perfilado del terreno
- b. Construcción de cunetas perimetrales para el desagüe de las aguas lluvias.
- c. Capa impermeable para prevenir la acidificación de las aguas
- d. Cierre de accesos y señalización

- e. Revegetalización

5. Infraestructura auxiliar

- a. Desmantelamiento de instalaciones
- b. Desconexión de servicios (electricidad, agua, gas)
- c. Manejo de residuos ordinarios y peligrosos
- d. Perfilado del terreno
- e. Revegetalización

6. Costos indirectos

- a. Ganancia contratista
- b. Gastos generales del contratista
- c. Gastos de administración de contrato
- d. Garantía de cumplimiento de contrato
- e. Rediseño de ingeniería
- f. Monitoreo Post-Cierre
- g. Contingencia

4. Establecimiento de las medidas físicas de los elementos a intervenir:

Para cada una de las actividades propuestas se tiene las unidades que se definen en la Tabla 7:

Actividad	Unidad
Sellado de bocamina	Ítem
Tratamiento de drenajes mineros	Und.
Revegetalización	m ²
Impermeabilización de galería	m ²
Cierre de accesos	m
Retiro de equipos de minería	Ton
Retiro de cables eléctricos	m
Señalización preventiva	Ítem
Refuerzo de puntos inestables al interior de la mina	Ítem
Desmantelamiento y retiro de la infraestructura asociada	m ²
Retiro de equipos de procesamiento mineral	Ton
Retiro de residuos sólidos ordinarios	m ³

Retiro de residuos sólidos peligrosos	m ³
Perfilado de terreno	m ²
Impermeabilización (geomebrana o suelo natural)	m ²
Construcción de canal perimetral	m
Manejo de aguas de percolación	Und.
Desconexión de servicios (electricidad, gas, agua)	Ítem
Contingencia	%
Ganancia contratista	%
Gastos de administración de contrato	%
Garantía de cumplimiento de contrato	%
Gastos generales del contratista	%
Rediseño de ingeniería	%
Monitoreo Post-Cierre	%

Tabla 7. Unidades medidas físicas de los elementos a intervenir

Fuente: Elaboración propia

5. Establecimiento de las unidades de los costos de las medidas:

Para efecto de la presente investigación, las unidades de los costos se estiman por actividad, es decir, costo por unidad de medida física del elemento a intervenir.

6. Elaboración de la estructura de estimación de costos directos con la ayuda de Microsoft Excel:

Se elaboró un modelo de costos para el caso del ejercicio con ayuda de Microsoft Excel (documento del anexo 2), en el cual cada hoja de cálculo corresponde a la estimación de los costos directos de las actividades de cierre para cada área identificada, una hoja con la estimación de los precios por unidad de medida de cada actividad, los cuales fueron estimados en su mayoría con precios equivalentes en la industria de la construcción consultados en la página <http://www.colombia.generadordeprecios.info>, a continuación se presenta la estimación de costos para cada área tal como se muestra en las Tabla 8, 9, 10, 11 y 12:

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
Sellado de bocamina	2	Ítem	\$ 237,848	\$ 475,696
Tratamiento de drenajes mineros	1	Und.	\$ 10,000,000	\$ 10,000,000
Revegetalización	500	m ²	\$ 130	\$ 65,000
Impermeabilización de galería	800	m ²	\$ 160,713	\$ 128,570,768
Cierre de accesos	200	m	\$ 50,000	\$ 10,000,000
Retiro de equipos de minería	10	Ton	\$ 30,000	\$ 300,000
Retiro de cables eléctricos	1000	m	\$ 501	\$ 501,420
Señalización preventiva	2	Ítem	\$ 130,000	\$ 260,000

Refuerzo de puntos inestables al interior de la mina	5	Ítem	\$	150,000	\$	750,000
Costos de cierre Bocamina					\$	150,922,884

Tabla 8. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Bocamina de la mina hipotética.

Fuente: Elaboración propia

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
Desmantelamiento y retiro de la infraestructura asociada	2000	m ²	\$ 111,008	\$ 222,015,460
Retiro de equipos de procesamiento mineral	50	Ton	\$ 30,000	\$ 1,500,000
Retiro de cables eléctricos	200	m	\$ 501	\$ 100,284
Retiro de residuos sólidos ordinarios	10	m ³	\$ 37,643	\$ 376,433
Retiro de residuos sólidos peligrosos	15	m ³	\$ 297,645	\$ 4,464,677
Perfilado de terreno	2000	m ²	\$ 517	\$ 1,034,220
Revegetalización	2000	m ²	\$ 130	\$ 260,000
Costos de cierre Planta de Beneficio				\$ 229,751,074

Tabla 9. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Planta de Beneficio de la mina hipotética.

Fuente: Elaboración propia

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
Perfilado de terreno	3000	m ²	\$ 517	\$ 1,551,330
Impermeabilización (geomebrana o suelo natural)	3000	m ²	\$ 517	\$ 1,551,330
Revegetalización	3000	m ²	\$ 130	\$ 390,000
Construcción de canal perimetral	260	m	\$ 917	\$ 238,423
Señalización preventiva	1	Ítem	\$ 130,000	\$ 130,000
Cierre de accesos	500	m	\$ 50,000	\$ 25,000,000
Costos de cierre Escombrera				\$ 28,861,083

Tabla 10. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Escombrera de la mina hipotética.

Fuente: Elaboración propia

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
Perfilado de terreno	4000	m ²	\$ 517	\$ 2,068,440
Impermeabilización (geomebrana o suelo natural)	4000	m ²	\$ 517	\$ 2,068,440
Revegetalización	4000	m ²	\$ 130	\$ 520,000
Construcción de canal perimetral	280	m	\$ 917	\$ 256,763
Manejo de aguas de percolación	1	Und.	\$ 10,000,000	\$ 10,000,000
Señalización preventiva	1	Ítem	\$ 130,000	\$ 130,000

Cierre de accesos	500	m	\$	50,000	\$ 25,000,000
Costos de cierre Relavera					\$ 40,043,643

Tabla 11. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Relavera de la mina hipotética.

Fuente: Elaboración propia

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
Desconexión de servicios (electricidad, gas, agua)	2	Ítem	\$ 50,000	\$ 100,000
Desmantelamiento y retiro de la infraestructura asociada	4220	m ²	\$ 111,008	\$ 468,452,621
Retiro de residuos sólidos ordinarios	20	m ³	\$ 37,643	\$ 752,866
Retiro de residuos sólidos peligrosos	20	m ³	\$ 297,645	\$ 5,952,903
Perfilado de terreno	4220	m ²	\$ 517	\$ 2,182,204
Revegetalización	4220	m ²	\$ 130	\$ 548,600
Costos de cierre Infraestructura auxiliar				\$ 477,989,193

Tabla 12. Estimación de costos de las actividades de cierre en el área de Infraestructura auxiliar de la mina hipotética.

Fuente: Elaboración propia

7. Estimación de los costos indirectos con base a porcentajes de los costos directos:

La estimación de los costos indirectos del plan de cierre de la mina hipotética se realizó con base a la asignación de un porcentaje de los costos directos totales a cada uno de los ítems incluidos en este rubro, dando como resultado la estimación de los costos totales como se muestra en la Tabla 13:

Datos de la Mina	
Mineral	Oro
Tipo de explotación	Subterránea
Producción (ton/año)	1000
Tenor (gr/ton)	6
Vida útil (años)	20
Estructura de Costos	
Costos de cierre Bocamina	\$ 150,922,884
Costos de cierre Planta de Beneficio	\$ 229,751,074
Costos de cierre Escombrera	\$ 28,861,083
Costos de cierre Relavera	\$ 40,043,643
Costos de cierre Infraestructura auxiliar	\$ 477,989,193
Total costos directos	\$ 927,567,877
Monitoreo Post-Cierre (10%)	\$ 92,756,787.65
Rediseño de ingeniería (5%)	\$ 46,378,393.83
Gastos generales del contratista (10%)	\$ 92,756,787.65
Ganancia contratista (10%)	\$ 92,756,787.65

Garantía de cumplimiento de contrato (3%)	\$	27,827,036.30
Gastos de administración de contrato (5%)	\$	46,378,393.83
Contingencia (10%)	\$	92,756,787.65
Total costos indirectos	\$	491,610,975
Costos totales	\$	1,419,178,851

Tabla 13. Estructura de estimación de costos directos e indirectos del plan de cierre de la mina hipotética.

Fuente: Elaboración propia

8. Cálculo de la garantía financiera

Para el cálculo de la garantía financiera se aplica como se dijo anteriormente la ecuación (13), así,

$$VG = VC * (1 + i_{op})^n * (i_{op}) \quad (13)$$

Donde,

VC = \$ 1'419.178.851 (costo de plan de cierre en pesos actuales)

i_{op} = 12% (suma del valor promedio de la inflación (5%) más el valor promedio de la DTF (7%) para los últimos 18 años)

n = 20 años (vida útil)

Por lo que,

$$VG = \$ 1'419.178.851 * (1 + 0.12)^{20} * (0.12) = \$ 1'642.777.818$$

Es decir que se deberá constituir una garantía financiera que cubra un monto de \$1'642.777.818 pesos, con el fin de que esta cubra los costos de ejecución del plan de cierre y abandono.

Al comparar con el modelo actual de garantía en Colombia, donde el monto a asegurar se calcula con base a la ecuación (3), se tiene:

$$VG = 10\% * (6000 \text{ gr} * \$94.930/\text{gr}) = \$ 56'958.210$$

Con el sistema actual el titular de la mina hipotética deberá tomar una póliza cuyo valor a cubrir es de \$56'958.210 pesos, claramente un monto menor al valor de la ejecución del plan de cierre y abandono, dejando al Estado en riesgo de no contar con los recursos necesarios para ejecutar este plan en caso de que el titular no pueda llevarlo a cabo y al

medio ambiente por la generación de pasivos ambientales huérfanos, como se dijo anteriormente, esto se debe también a que el cálculo de la póliza minero ambiental se calcula tanto en la producción como en el precio del mineral, por lo que a una menor producción como es el caso de los pequeños mineros, el valor de la garantía es menor e insuficiente para cubrir los costos de ejecución del plan de cierre.

En la tabla 14, se presentan los resultados de los cálculos realizados del valor de la garantía financiera para diferentes escenarios, con el fin de realizar un análisis del comportamiento del modelo propuesto en el proyecto de Ley de 2013, al cambiar tanto la tasa de interés o de descuento y el monto de los costos del plan de cierre, así:

Año plan de cierre	Costo plan de cierre	Valor garantía	Valor cuota amortización	Valor futuro cuota amortización
2018 (12%)	\$ 1,419,178,851	\$ 1,642,777,818	\$ 189,997,933	\$ 1,832,775,751
2018 (15%)	\$ 1,419,178,851	\$ 3,484,056,560	\$ 226,730,100	\$ 3,710,786,660
2038 (12%)	\$ 3,765,503,989	\$ 4,358,778,614	\$ 504,121,080	\$ 4,862,899,694

Tabla 14. Valores del análisis de sensibilidad de la escogencia de la tasa de descuento y del valor del costo del plan de cierre

En primer lugar se tiene el caso de la garantía financiera calculada con el valor de los costos del plan a pesos actuales y una tasa de descuento del 12%, para el cual se tiene que la garantía cubriría estos costos tanto en la modalidad de constitución de una garantía (valor del ítem Valor garantía de la tabla 14), como la modalidad del depósito de dinero en el año 20 o año del cierre, que en este caso sería de \$189.997.933 pesos, debido a que si llevamos este valor a su valor futuro en el años 20, el valor de la cuota es de \$1'832.775.751, sin embargo, con esta última modalidad, se observa que el cubrimiento total de los costos del plan, se da es el año que se tiene planeado el cierre, por lo que si ocurre un cierre anticipado de la operación, la cuota de amortización pagada probablemente no cubriría el total de los costos, es por eso que se debe revisar anualmente, además, con el fin de que al final de la vida útil, esta cuota halla acumulado el interés necesario para cubrir el total de los costos, se debe garantizar que como mínimo la rentabilidad del depósito sea la tasa de descuento utilizada.

El siguiente caso es el cálculo de la garantía a una tasa de descuento diferente, en este caso del 15%, en esta se observa que el monto de la garantía en las dos modalidades se incrementa a más del doble del valor de plan de cierre en pesos actuales, lo que si bien garantiza el abastecimiento financiero para el cierre, esta sobre valoración desincentivaría

la inversión en el sector minero, y en el caso de la pequeña minería pudiera aumentar la informalidad, por tanto, el regulador deberá seleccionar una tasa de descuento adecuada que ayude a garantizar los costos del cierre pero que al mismo tiempo no genere una sobre estimación.

Para el tercer caso, se calculó el valor de la estimación de costos realizada para el año 20, es decir se tuvo en cuenta la inflación para ese período, dando como valor futuro de los costos del plan de cierre \$3'765.503.989 y un valor de garantía de \$4'358.778.614, si bien para una tasa de descuento del 12%, la ecuación seleccionada para el cálculo de la garantía arroja un valor que cubre estos costos tanto en precios actuales como precios futuros, en el caso de utilizar los precios teniendo en cuenta la inflación desde el comienzo de la explotación, se pudiera generar como vimos, una disminución de la inversión y un aumento de la informalidad del sector.

Es por eso que con el fin de garantizar el costo del plan de cierre razonablemente, se propone utilizar la estimación de los costos a precios actuales o constantes y una adecuada selección de la tasa de descuento, esto último puede ser un tema para futuros trabajos, adicionalmente, como se vio en la revisión de los expedientes de proyectos mineros, el éxito de la garantía es una buena estimación de los costos del plan, en Colombia, no se tiene estipulado que debe contener dicha estimación, por lo que el modelo propuesto presenta de forma clara la metodología para la inclusión de los costos de todas las actividades de cierre de cada una de las instalaciones del proyecto y la inclusión de los costos indirectos que garanticen al Estado el monto para la ejecución de estas actividades en el caso que el titular no pueda.

5 Conclusiones

- a. Las garantías financieras se constituyen en una buena alternativa, para el Estado o ente regulador, en cuanto a la aplicabilidad de una herramienta que ayude a la disminución del riesgo de generación de pasivos ambientales huérfanos, por lo que el modelo propuesto en el presente trabajo, constituye un primer paso hacia un adecuado proceso de estimación de costos de los planes de cierre y abandono para la pequeña minería en Colombia, y a su vez aumente la efectividad de los instrumentos financieros que sirven de garantía.
- b. El modelo propuesto se establece como una herramienta practica para simplificar la estimación de los costos de las actividades del plan de cierre tanto para el pequeño minero como para la autoridad encargada de la revisión y evaluación de dichos planes, por medio de la división de las actividades por áreas a intervenir.
- c. La metodología actual de estimación del monto de la póliza minero ambiental, la cual se basa tanto en la producción como en los precios de los minerales deja de lado consideraciones como por ejemplo, los costos de ejecución de los planes de abandono en el caso que el titular minero no pueda o no esté disponible para realizarlo, costos que a la final asumiría el Estado, igualmente, la normatividad actual, establece que solo hasta que la autoridad ambiental declare el inicio de la etapa de cierre de un proyecto, el monto a asegurar debe ser tal que cubra los costos a incurrir en esta etapa, dejando al regulador en un estado de vulnerabilidad frente a un eventual cierre anticipado (por insolvencia de los titulares, cambio en los precios de los mineral, etc.), los 10, 15, 20 años que dure la etapa de explotación. Es por eso que el modelo propuesto contempla como principales características, que la garantía financiera a establecer, debe garantizar que se cuente con el monto de los costos a incurrir y que esta debe ser suscrita por el beneficiario del título antes de comenzar operaciones.
- d. En la consulta de expedientes realizada se encontró que las actividades propuestas de cierre y rehabilitación de las áreas en las minas 6, 5 y 4, son exactamente las mismas, esto debido a que si bien son titulares diferentes, los consultores encargados de realizar los respectivos estudios son los mismo, lo que indica que las actividades

que se están proponiendo en los planes de cierre, por su carácter genérico, pueden dejar por fuera particularidades de la zona intervenida, por lo que las autoridades competente deberán intensificar la revisión y evaluación de los planes de cierre contenidos tanto en los Estudios de Impacto Ambiental como en los Planes de Trabajos y Obras, con el fin de que las acciones propuestas si sean acordes tanto a la actividad a realizar como al área del emplazamiento minero.

- e. La efectividad de los instrumentos financieros para garantizar que se cuente con el monto para la ejecución del cierre de minas, radica en la ejecución e implementación de una buena metodología de estimación de los costos, en la cual se incluya la estimación de los costos que el Estado debe incurrir para la ejecución del plan en los casos en que los titulares no puedan.
- f. Se observó que para el caso hipotético, el cálculo de la póliza con la metodología vigente en Colombia, pierde efectividad en cuanto a garantizar el monto para la realización de las actividades del cierre, esto debido a que la póliza se calcula con base en la producción de los proyectos, que para el caso de la pequeña minería no siempre superan los costos del plan de cierre.
- g. Para facilitar la estimación de costos y a su vez incrementar la certidumbre de esta estimación, la Autoridad minera debería construir bases de datos con los precios estimados de las actividades más comunes en el sector minero.
- h. Para futuros trabajos, se propone el análisis de la incertidumbre asociada a la estimación de los costos indirectos con base a un porcentaje de los costos directos, los métodos de estimación de la tasa de descuento para el cálculo de la garantía financiera además, de realizar aproximaciones a otras explotaciones mineras (v.g. a cielo abierto) y otro tipo de minerales (v.g. carbón, platino, esmeraldas, entre otros).

Bibliografía

- Alaska State. (Version 2007). Alaska Statutes. AS 27.19.040. *Reclamation Financial Assurance*. Alaska, Estados Unidos: Alaska State.
- Australian and New Zealand Minerals and Energy Council . (2000). *Strategic framework for mine closure*. Canberra: Australian and New Zealand Minerals and Energy Council and the Minerals Council of Australia.
- Castro, M., Ferrufino, R., Taucer, E., & Zeballos, H. (2014). El estado del medio ambiente en Bolivia. *Fundacion Milenio*.
- Cheng, M. N. (2016). "An investigation into the impact of mine closure and its associated cost on life of mine planning and resource recovery,". *J. Clean. Prod*, 228-239.
- Del Valle Mora, E. J. (2016). Garantías financieras para el cierre, desmantelamiento y abandono de proyectos mineros: análisis de derecho comparado (Colombia y Canadá). En M. d. Pachón (Ed.), *Instrumentos Económicos y Financieros para la Gestión Ambiental* (págs. 101-141). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Devisscher, T. (2008). Cinco siglos de acumulación de costos socio – ambientales: La actividad minera en Bolivia.
- Dondo, S. (2014). *Financial Assurance for Mine Closure: A Regulatory Perspective from the Argentine Context*.
- DOWL. (2015). *Mine Closure and Reclamation Cost Estimation Guidelines: Indirect Cost Categories, prepares for Alaska Department of Natural Resources and Alaska Department of Environmental Conservation*. Evergreen, Colorado.
- Ferreira, D., Suslick, S., Farley, J., Costanza, R., & Krivov, S. (2003). A decision model for financial assurance instruments in the upstream petroleum sector. *Energy Policy*, 12.
- Gonzales Centeno, P. (2002). "Tratamiento Normativo de la Fase Minera Post Operacional en los Países Mineros Latinoamericanos y La Planificación del Cierre".
- González Ramínez, A. M. (2008). *Diseño de metodología para la identificación de pasivos ambientales mineros en Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellin, Facultad de Minas .
- Guía metodológica para la constitución y disposición de la garantía financiera que establece la Ley N° 20.551 que regula el Cierre de Faenas e Instalaciones mineras. (2013). Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería.

- Guía metodológica para la presentación de planes de cierre sometidos al procedimiento de aplicación general. (2014). Santiago, Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería Sernageomin (SERNAGEOMIN).
- Haymont, R. (2012). Closure cost estimating methodologies: A review of mine closure cost estimating methodologies and for different reporting purposes. *Goldfields Esperance Environment Group*, (pág. 13). Subiaco, West Australia.
- Laurence, D. (2006). Optimisation of the mine closure process. *Journal of Cleaner Production*, 14(3-4), 285-298.
- Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry*. (2016). Obtenido de MINE CLOSURE.
- Ley 25.675. (2002). Argentina.
- Ley de Minería y Metalurgia N° 535. (2014). Bolivia.
- M&M Estudio Juridico. (2013). *Estudio y reglamento para implementar los planes para cierre de minas y de su infraestructura asociada - Contrato N° 1954705-13*. Bogotá: M&M Estudio Juridico.
- Manual de Evaluación de Estudio de Impacto Ambiental. (2002). Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente.
- Marín Fera, J. P. (2015). "ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS - LEGALES - AMBIENTALES DEL CIERRE MINERO PARA TÍTULOS MINEROS EN COLOMBIA,".
- Metodología general para la presentación de Estudios Ambientales. (2010). Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Mining Act, R.S.O. 1990, c. M.14 . (1990). Ontario, Canadá.
- Mining Act, RSBC 1996, c. 293. (1996). Victoria, British Columbia, Canada.
- Ministerio de Minas y Energía. (2001). *Ley 685 de 2001, Código de Minas*. Bogotá D.C.
- Ministry of Energy and Mines. (2015). *Mine Reclamation Costing and Spreadsheet Version 3.5.2*. Victoria, British Columbia: Mines and Mineral Resources Division.
- Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources Mining and Minerals Division. (2008). *Health, safety and reclamation code for mines in British Columbia*. Victoria, British Columbia.
- Molina Escobar, J. M., & Ospina Betancur, E. (2013). Legislación Colombiana de cierre de Minas ¿es realmente necesaria? *Boletín Ciencias de la tierra*(34), 51- 64.

- Moreno, E. P. (2014). «Derecho comparado y reflexiones en torno al cierre progresivo de proyectos mineros en Colombia y Perú. *Derecho y Sociedad*, 311-320.
- Nevada Division of Minerals. (Revised Date: 2016). *CHAPTER 519A - RECLAMATION OF LAND SUBJECT TO MINING OPERATIONS OR EXPLORATION PROJECTS*. Estado de Nevada.
- Pamla, C. E. (2003). *Evaluación ambiental territorial de los pasivos ambientales mineros de la región metropolitana*. Obtenido de Trabajo de grado. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica.
- Presidente Constitucional de la Republica. (15 de Agosto de 2005). *Minería Artesanal Perú*. (D. O. Peruano, Ed.) Recuperado el 05 de Febrero de 2018, de Minería Artesanal Perú:
<http://www.mineriartesanalperu.pe/comerciojusto/Ley%20que%20regula%20el%20cierre%20de%20minas.pdf>
- Presidente Constitucional de la Republica. (14 de Agosto de 2006). *Sistema Peruano de información Jurídica*. Recuperado el 05 de Febrero de 2018, de Sistema Peruano de información Jurídica: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per66038.pdf>
- Resolución 1398. (2008). Argentina.
- Resolución N° 338. (2014). Bogotá D.C.: Agencia Nacional de Minería.
- Seccatore, J., Marin, T., Tomi, G., & Veiga, M. (2014). "A practical approach for the management of resources and reserves in Small-Scale Mining,". *Cleaner Production*, 803-808.
- Standardized Reclamation Cost Estimator*. (06 de 03 de 2018). Obtenido de <https://nvbond.org/>
- Stantec Consulting Ltd. . (2016). *POLICY AND PROCESS REVIEW FOR MINE RECLAMATION SECURITY* . British Columbia, Canada.
- State of Nevada. (2018). *Standardized Reclamation Cost Estimator*. Obtenido de <http://www.nvbond.org>
- Términos de referencia para la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental - Proyectos de explotación minera. (2016). Bogotá D.C.: Agencia Nacional de Licencias Ambientales.
- Términos de Referencia para la presentación de los Trabajos de Exploración (LTE) y Programa de Trabajos y Obras (PTO) para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino. (2017). Bogotá D.C.: Ministerio de Minas y Energía.
- Western Australia. (2012). *Mining Rehabilitation Fund Act 2012*. Perth.

Western Australia Department of Mines and Petroleum. (2015). *The Mining Rehabilitation Fund - The First two Years*. Perth: Western Australia Department of Mines and Petroleum.

Zegarra, D., & Frias, Ó. (2003). *Toxicología ambiental en minería: Herramientas para la evaluación del impacto*.

Anexo 1. Información relevante de los 10 expedientes consultados.

Mina 1

Área:	33.6871 hectáreas
Municipio:	Remedios y Segovia
Minerales:	Oro y sus concentrados
Reservas:	No reporta en el expediente
Producción:	No reporta en el expediente
Vida útil:	30 años
Sistema y método de explotación:	Minería subterránea mediante método de cámaras y pilares y operaciones unitarias de perforación y voladura, ventilación, desagüe, cargue y transporte
Planta de beneficio:	Planta de beneficio de 100 ton/día con operaciones de trituración, molienda, clasificación, flotación. Cianuración y precipitación.
Infraestructura:	Planta de beneficio, polvorín, relavera, botadero
Mineralización	No reporta en el expediente
Impactos identificados:	<p><u>Abiótico:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelo: contaminación del suelo y cambio en el uso del suelo • Hidrología: alteración de la calidad del agua superficial, contaminación por vertimiento de aguas residuales, alteración de la calidad del agua subterránea y contaminación por vertimiento de sólidos. • Aire: generación de material particulado, generación de gases, generación de ruido y generación de olores • Paisaje: impacto visual, alteración de la calidad del paisaje, deterioro del paisaje natural <p><u>Biótico:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vegetación: disminución de la riqueza vegetal • Biótica acuática: alteración del ecosistema acuático • Fauna: disminución de la riqueza faunística <p><u>Social:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Calidad de vida: mejoramiento de la calidad de vida, degradación de la salud • Económico: mejoramiento en la estructura económica local y generación de empleo • Cultura: mejoramiento en el sistema de vida tradicional e incremento en el nivel de cultura y educación
Plan de cierre y abandono	Programa de desmantelamiento, adecuación y retiro Se realizará el levantamiento de la infraestructura que no pueda ser utilizada con otros objetivos y se retirará toda la

	<p>maquinaria y equipos presentes en los diferentes lugares de trabajo de la empresa.</p> <p>Se hará desmantelamiento de la maquinaria y equipos del interior de las minas de la empresa, para posteriormente cerrar la entrada (bocamina) por medio de la construcción de muros de sellamiento</p> <p>En los terrenos aledaños a bocaminas, se iniciará un plan de revegetalización en el cual se contempla el establecimiento de especies arbustivas y arbóreas de rápido crecimiento</p> <p>Observación del informe técnico de evaluación: “dado que el proyecto tendrá un horizonte aproximado de treinta (30) años, no se establece un programa de retiro. Se mencionan las medidas estándar como son el desmonte y retiro de la infraestructura minera, sellado definitivo de la bocamina y revegetalización de las áreas aledañas.”</p>
Costos del plan de cierre	No reporta
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si
Resolución que aprueba PTO/PTI	Si
Póliza minero ambiental	<p>Calculo de la póliza minero ambiental para la etapa de explotación:</p> <p>Volumen de producción anual estimado por 10% por precio en bocamina = $4.680 \text{ gr} * 0.1 * \\$50.767,14/\text{gr} = \\$23.759.021,52$</p>

Mina 2

Área:	91.3769 hectáreas		
Municipio:	Remedios		
Minerales:	Oro y asociados		
Reservas:			
	Reservas	Toneladas de mineral	Onzas de oro
	Inferidas	1'102.410	188.462
	Probables	561.600	149.880
	Explotables	1'664.010	338.342
	Con tenor promedio de 6,3 gr de oro /tonelada		
Producción:	Planta: 26 Ton/día		

	Estéril: 15,4 Ton/día - 5.621 Ton/año					
Vida útil:	26 años					
Sistema y método de explotación:	Subterráneo por cámaras y pilares con operaciones unitarias de arranque (perforación y voladura), sostenimiento, cargue, transporte, desagüe.					
Planta de beneficio:	Trituración, molienda, concentración, cianuración y precipitación					
Infraestructura:	Tolva de almacenamiento de mineral, patio de estéril, patio de colas, casa del malacate, casa para el ventilador, polvorín, planta de beneficio, oficinas, laboratorio y campamento.					
Mineralización	Filones auríferos con sulfuros (entre el 8-13%) de Fe, Zn, Pb y Cu en ganga de cuarzo, lo minerales de mema más importantes son la pirita y en menor proporción la esfalerita, galena y calcopirita.					
Impactos identificados:	<p><u>Abiótico</u>: cambios en la calidad fisicoquímica del agua, afectación de la dinámica de aguas superficiales, afectación de la dinámica de aguas subterráneas, sedimentación de cuerpos de agua, emisiones de material particulado y de gases, generación de ruido, remoción en masa y pérdida del suelo, activación de procesos erosivos, contaminación del suelo, hundimiento del terreno, movimiento del macizo rocoso.</p> <p><u>Biótico</u>: remoción y pérdida de cobertura vegetal, afectación de comunidades faunísticas</p> <p><u>Social</u>: generación de expectativas, generación de empleo, cambios en el uso del suelo, modificación del paisaje, afectación de la infraestructura pública y privada e incremento del uso de bienes y servicios.</p>					
Plan de cierre y abandono	Las principales acciones incluyen: desmonte de instalaciones, control de hundimientos al interior de los túneles de explotación y cierre de la bocamina con el fin de reducir el riesgo sobre la seguridad humana y el riesgo de contaminación de fuentes de agua por drenaje ácido, nivelación y estabilización de los botaderos de estéril, revegetalización.					
Costos del plan de cierre	\$18.200.000, incluye					
	N°	Descripción	Un.	Cant.	Costo unitario	Costo total
	1	Retroexcavadora para nivelar ya adecuar terreno, incluye operario y auxiliares.	Gl	1	10.000.000	10.000.000
	2	Suministro y siembra de plantas	Un	150	8.000	1.200.000

		adaptativas al área del proyecto.				
	3	Revegetalización de área.	M2	1000	6.500	6.500.000
	4	Suministro de abonos e insumos.	GI	1	500.000	500.000
	Costo total					18.200.000
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si					
Resolución que aprueba PTO/PTI	No reporta					
Póliza minero ambiental	No reporta					

Mina 3

Área:	5.7397 hectáreas
Municipio:	Segovia
Minerales:	Oro en veta
Reservas:	No reporta
Producción:	No reporta
Vida útil:	10 años en proceso de prorroga
Sistema y método de explotación:	Subterráneo
Planta de beneficio:	No estaba incluida en el PMA inicial, según último informe de control y seguimiento, consta de molienda, concentración, cianuración, precipitación, además de contar con infraestructura para amalgamación
Infraestructura:	Bocamina y planta, inactivos en visita del año 2016.
Mineralización	No reporta, deposito Segovia
Impactos identificados:	De acuerdo a la información recolectada en el censo minero ambiental los impactos ambientales más representativos son: Disposición inadecuada de estériles y vertimiento inadecuado de los efluentes de la mina.

Plan de cierre y abandono	Debido a que fue imposición de plan de manejo no se presentó plan de cierre, sin embargo, mediante acto administrativo del año 2014 se requiere al titular para que presente actualización del PMA debido a la modificación en el proceso de beneficio del mineral, en el cual se presenta programa de reforestación y revegetalización de las áreas afectadas en el depósito de lodos. Adicionalmente, debido a que el titular no presentó el certificado de vigencia del título minero mediante resolución del año 2016, se declara el vencimiento del Plan de Manejo Ambiental impuesto, sin que esto exime del cumplimiento de las obligaciones de prevenir, mitigar, corregir o compensar las afectaciones ambientales ocasionadas por el proyecto.
Costos del plan de cierre	No reporta
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si
Resolución que aprueba PTO/PTI	Si
Póliza minero ambiental	No reporta en el expediente

Mina 4

Área:	791,7261 hectáreas		
Municipio:	Remedios, Vegachí		
Minerales:	Oro y sus concentrados		
Reservas:	Para la veta La Clavada:		
	Recursos	Toneladas	Onzas
	Indicados	95.386,5	24.533,9
	Inferidos	1'056.291,6	33.960,5
	Explotables	1'151.678,1	58.494,4
	Para otras 6 vetas se tiene:		
	Recursos	Gramos	
	Medidos	10'985.679	
	Indicados	5'207.954	
	Inferidos	18'193.479	
Producción:	200 Ton/día		
Vida útil:	15 años		
Sistema y método de explotación:	Subterráneo por tambores con ensanche en el rumbo, con operaciones unitarias de perforación,		

	voladura, sostenimiento, cargue, transporte, desagüe, ventilación
Planta de beneficio:	Con operaciones de trituración, molienda, concentración por flotación, cianuración, precipitación.
Infraestructura:	Oficina, cocina, salón de enfermería, comedor, campamento, bodega, almacén, taller mecánico, laboratorio.
Mineralización	No reporta en el expediente
Impactos identificados:	<p>Agua: Contaminación del agua superficial, contaminación de acuíferos.</p> <p>Geomorfológico: alteración de la morfología, activación o generación de procesos erosivos, pérdida del suelo, contaminación del suelo.</p> <p>Atmosférico: contaminación del aire, aumento en niveles de ruido.</p> <p>Biótico: afectación de la cobertura vegetal y paisaje.</p> <p>Socioeconómico: aumento en el uso de bienes y servicios, afectación a la salud de los trabajadores, alteración en el escenario económico.</p>
Plan de cierre y abandono	<p>Acciones del Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar relleno natural de túneles abandonados y un encerramiento de socavones. • Establecer salidas de agua y gases. • Señalizar adecuadamente, instalando avisos preventivos que indiquen que la zona está en proceso de rehabilitación. • Control y tratamiento de los drenajes mineros. • Proteger los nacimientos y fuentes de agua. • Adecuación y monitoreo de depósitos de colas contaminadas y estériles. • Se debe hacer una evaluación y seguimiento continuo de todos los procesos de rehabilitación ambiental. • Programa de reforestación y empradización • Retiro de infraestructura.
Costos del plan de cierre	No reporta costos ni cronograma del plan de cierre.
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si
Resolución que aprueba PTO/PTI	Si
Póliza minero ambiental	\$270.030.616 (Explotación)

Mina 5

Área:	30,3523 hectáreas																																			
Municipio:	Amalfi																																			
Minerales:	Oro, Plata, Cobre, Zinc, Platino, Molibdeno y sus concentrados																																			
Reservas:	<table><tr><td>Reservas</td><td>Gramos</td></tr><tr><td>Probadas</td><td>77.219</td></tr><tr><td>Probables</td><td>154.615</td></tr><tr><td>Posibles</td><td>309.407</td></tr></table>			Reservas	Gramos	Probadas	77.219	Probables	154.615	Posibles	309.407																									
Reservas	Gramos																																			
Probadas	77.219																																			
Probables	154.615																																			
Posibles	309.407																																			
Producción:	<table><tr><td>Año</td><td>Toneladas veta</td><td>Gramos de oro</td></tr><tr><td>1</td><td>312</td><td>5928</td></tr><tr><td>2</td><td>584</td><td>11096</td></tr><tr><td>3</td><td>865</td><td>16435</td></tr><tr><td>4</td><td>865</td><td>16435</td></tr><tr><td>5</td><td>1458</td><td>27702</td></tr><tr><td>6</td><td>1146</td><td>21774</td></tr><tr><td>7</td><td>1146</td><td>21774</td></tr><tr><td>8</td><td>1146</td><td>21774</td></tr><tr><td>9</td><td>1458</td><td>27702</td></tr><tr><td>10</td><td>561</td><td>10659</td></tr></table> <p>Producción anual: 5.928 gramos de oro</p>			Año	Toneladas veta	Gramos de oro	1	312	5928	2	584	11096	3	865	16435	4	865	16435	5	1458	27702	6	1146	21774	7	1146	21774	8	1146	21774	9	1458	27702	10	561	10659
Año	Toneladas veta	Gramos de oro																																		
1	312	5928																																		
2	584	11096																																		
3	865	16435																																		
4	865	16435																																		
5	1458	27702																																		
6	1146	21774																																		
7	1146	21774																																		
8	1146	21774																																		
9	1458	27702																																		
10	561	10659																																		
Vida útil:	10,7 años considerando únicamente reservas probadas.																																			
Sistema y método de explotación:	Subterráneo por cámaras y pilares y tambores paralelos, con operaciones auxiliares de cargue (pala), transporte (coche), ventilación, sostenimiento en madera, desagüe mediante bombeo.																																			
Planta de beneficio:	Operaciones unitarias de trituración, amalgamación, concentración con mesa Wilfley, se planea la reconversión tecnológica para la inclusión de la cianuración.																																			
Infraestructura:	Campamento, cocina, bodega.																																			
Mineralización	Sistema filoniano de origen hidrotermal, asociado a este se desarrolló un grupo de sulfuros metálicos como son: Arsenopirita (FeAsS) y Pirita (FeS2),																																			

	Galena (PbS), Esfalerita (ZnS) y Calcopirita (CuFeS2)							
Impactos identificados:	Agua: Contaminación del agua superficial, contaminación de acuíferos. Geomorfológico: alteración de la morfología, activación o generación de procesos erosivos, pérdida del suelo, contaminación del suelo. Atmosférico: contaminación del aire, aumento en niveles de ruido. Biótico: afectación de la cobertura vegetal y paisaje, afectación de la fauna Socioeconómico: aumento en el uso de bienes y servicios, afectación a la salud de los trabajadores, alteración en el escenario económico.							
Plan de cierre y abandono	Sellamiento de bocaminas y bocavientos con cerca en alambre, los fluidos provenientes de la percolación del macizo rocoso se direccionan a un tanque de decantación en donde se clarificarán para verterlas a las corrientes de agua, además, se plantean las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none">• Realizar relleno natural de túneles abandonados y un encerramiento de socavones.• Establecer salidas de agua y gases.• Señalizar adecuadamente, instalando señalización preventiva que indiquen que la zona está en proceso de rehabilitación.• Control y tratamiento de los drenajes mineros.• Proteger los afloramientos y fuentes de agua.• Adecuación y monitoreo de depósitos de colas contaminadas y estériles.• Se debe hacer una evaluación y seguimiento continuo de todos los procesos de rehabilitación ambiental.• Programa de reforestación y empradización• Retiro de infraestructura.							
Costos del plan de cierre	<table><tr><td>Actividades</td><td>Costos (\$)</td></tr><tr><td>Clausura de túneles</td><td>1'000.000</td></tr><tr><td>Retiro de elementos (maquinas, infraestructura, etc.)</td><td>25'000.000</td></tr></table>		Actividades	Costos (\$)	Clausura de túneles	1'000.000	Retiro de elementos (maquinas, infraestructura, etc.)	25'000.000
Actividades	Costos (\$)							
Clausura de túneles	1'000.000							
Retiro de elementos (maquinas, infraestructura, etc.)	25'000.000							

	Recuperación de áreas afectadas en superficie	12'000.000	
	Mantenimiento de áreas recuperadas	800.000	
	Entrega de área recuperadas	0	
	Total	38'800.000	
Según cronograma se llevara a cabo en 1 año a partir de la clausura de los frentes de explotación.			
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si		
Resolución que aprueba PTO/PTI	Si		
Póliza minero ambiental	Explotación primer año: 10% * producción * precio base de liquidación (BanRepublica, mes de Dic/2011) 10% * 5.928 * \$85.787,22 = \$50'854.664 Se debe mantener vigente y actualizada anualmente de acuerdo con las variaciones de la producción y el precio base de los minerales.		

Mina 6

Área:	29,2858 hectáreas
Municipio:	Segovia
Minerales:	Oro, Plata
Reservas:	<p>Recursos medidos: 197,8 kg Au Recursos indicados: 458,6 kg Au Recursos inferidos: 832,4 kg Au Recursos hipotéticos: 557,6 kg Au Recursos especulativos: 940,7 kg Au Total: 2987 kg Au Para un tenor promedio 5,6 gr/ton y tres vetas identificadas</p>
Producción:	100 ton/día de mineral en dos bocaminas
Vida útil:	15.3 años
Sistema y método de explotación:	Subterránea con desarrollo de cámaras y pilares

Planta de beneficio:	Planta para 100 ton/día con concentración gravimétrica y flotación, cianuración, precipitación y fundición, área de la planta de 3000 m2
Infraestructura:	Se propone la siguiente infraestructura: bodega, almacén, enfermería, campamento, cocina, comedor, taller mecánico, área de manejo de combustible y aceites y laboratorio, sin embargo, en el último informe de control y seguimiento se menciona que la planta de beneficio no ha sido construida, el proyecto no cuenta con campamento, ni cocina ni comedor.
Mineralización	Cuarzo lechoso mineralizado
Impactos identificados:	<p>Los impactos ambientales identificados son:</p> <p>Agua: Contaminación del agua superficial, contaminación de acuíferos.</p> <p>Geomorfológico: alteración de la morfología, activación o generación de procesos erosivos, pérdida del suelo, contaminación del suelo.</p> <p>Atmosférico: contaminación del aire, aumento en niveles de ruido.</p> <p>Biótico: afectación de la cobertura vegetal y paisaje, afectación de la fauna</p> <p>Socioeconómico: aumento en el uso de bienes y servicios, afectación a la salud de los trabajadores, alteración en el escenario económico.</p>
Plan de cierre y abandono	<p>Se proponen las siguientes acciones iniciales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar relleno natural de túneles abandonados y un encerramiento de socavones. • Establecer salidas de agua y gases. • Señalizar adecuadamente, instalando señalización preventiva que indiquen que la zona está en proceso de rehabilitación. • Control y tratamiento de los drenajes mineros, que empieza con el adecuado diseño de la presa de relaves • Proteger los nacimientos y fuentes de agua. • Adecuación y monitoreo de depósitos de colas contaminadas y estériles. • Se debe hacer una evaluación y seguimiento continuo de todos los procesos de rehabilitación ambiental. • Para finalizar se realizará un programa de áreas afectadas que incluya reforestación y empradización. • Retiro de infraestructura.

Costos del plan de cierre	Actividad	Valor (\$)
	Construcción presa de relaves	200'000.000
	Estación de monitoreo	40'000.000
	Capacitaciones a personal	12'000.000
	Actividades con la comunidad para reconversión económica	130'000.000
	Desmantelamiento	80'000.000
	Adecuación del área para entrega a la comunidad	150'000.000
	Total	612'000.000
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si	
Resolución que aprueba PTO/PTI	Si	
Póliza minero ambiental	No reporta	

Mina 7

Área:	330,3529 hectáreas		
Municipio:	Remedios		
Minerales:	Oro		
Reservas:	Recursos	Toneladas	Onza
	Medidos	267,4	36.677
	Indicados	395,130	54.366
Producción:	50 ton/día		
Vida útil:	24 años		
Sistema y método de explotación:	Subterráneo por almacenamiento dinámico y cámaras y pilares para la una de las vetas.		

Planta de beneficio:	Planta de beneficio de 50 ton/día, con trituración, molienda, concentración gravimétrica, flotación, cianuración, precipitación y fundición.
Infraestructura:	Planta de beneficio, oficina, laboratorio, bodega, subestación eléctrica, campamento, caseta compresor, polvorín, botadero
Mineralización	Cuarzo lechoso asociado a pirita, esfalerita y galena, a estos sulfuros se encuentra asociado el oro y la plata.
Impactos identificados:	<p>Físico: cambios en la calidad fisicoquímica del agua, afectación de la dinámica de aguas superficiales, afectación de la dinámica de agua subterráneas, sedimentación de cuerpos de agua, emisión de material particulado y gases, generación de ruidos, generación de estériles, desestabilización de pendientes, remoción en masa y pérdida del suelo, activación de procesos erosivos, contaminación del suelo, hundimiento del terreno, generación de residuos sólidos.</p> <p>Biótico: remoción y pérdida de cobertura vegetal, fragmentación del ecosistema, disminución de la fauna terrestre, disminución de la fauna acuática.</p> <p>Social: generación de expectativas, generación de empleo, incremento de riesgo de accidentalidad, deterioro en la salud de los pobladores o empleados, cambios en el uso del suelo, modificación del paisaje, afectación de la infraestructura pública y privada, incremento del uso de bienes y servicios.</p>
Plan de cierre y abandono	<p>Acciones a desarrollar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento de instalaciones mineras (planta de beneficio, edificaciones y polvorín) • Cierre y señalización preventiva de bocaminas, apiques, bocavientos que llegan a superficie. • Diseñar e implementar medidas de control y prevención para evitar la acidificación de aguas superficiales y subterráneas. • Deshabilitar (cerrar) accesos y vías internas del proyecto que no se requerirán para las actividades de control y seguimiento de la recuperación de las áreas intervenidas. • Perfilar y recuperar el talud en las zonas donde se presenten desniveles abruptos y que fueron causados por la actividad minera.

	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzar y sostener de manera definitiva los sitios inestables al interior de la mina, para evitar procesos de subsidencia. • Luego del cierre definitivo de los botaderos superficiales, deberán ser dotados de cunetas de desagüe para el control de aguas lluvias y de escorrentía. • Las arenas almacenadas en las presas de colas, serán perfiladas de acuerdo a las pendientes de los predios que la rodean, de manera que armonice con el entorno; una vez se finalice esta labor se pasará a realizar la revegetalización de la superficie. • Recuperación paisajística (revegetalización) de acuerdo a la ficha FPMA 06-17, de todas las áreas afectadas por las actividades mineras. • Dejar habilitadas las instalaciones eléctricas que se requieren para el funcionamiento de equipos y maquinaria necesarios para dar cumplimiento a las actividades de esta ficha. • Realizar un monitoreo final de calidad de aguas, de aquellas fuentes que fueron afectadas durante toda la vida útil del proyecto.
Costos del plan de cierre	Los costos imputables para esta ficha, serán dados a conocer a la autoridad ambiental y minera, luego que se tenga definido cuál será el cronograma de actividades para la fase de cierre y abandono de las actividades mineras; de igual forma estos costos están directamente relacionados con el área a recuperar, los equipos, maquinaria, mano de obra, herramienta y costos de insumo a utilizar, los cuales se dificultan conocer ahora, por lo que no se presenta tabla de costos para la fase de cierre y abandono.
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si
Resolución que aprueba PTO/PTI	No reporta.
Póliza minero ambiental	PM explotación= 0.10x37.800 gr de ori x \$59.043,12 PM= \$223'182.994

Mina 8

Área:	233,8200 hectáreas
-------	--------------------

Municipio:	Puerto Berrio
Minerales:	Metales preciosos y sus concentrados,
Reservas:	Recursos medidos= 1'049.310 ton –10'220.760 gr Au – 328.609 onzas Au (9,75 gr/ton) Recursos indicados= 417.054 ton - 4'079.760 gr Au - 131.169 onzas Au (9,75 gr/ton)
Producción:	6.000 ton/año * 14,3 gr/ton
Vida útil:	No reporta
Sistema y método de explotación:	Explotación subterránea por almacenamiento dinámico o cámaras vacías, con operaciones unitarias de desarrollo, preparación, perforación y voladura, ventilación, desagüe
Planta de beneficio:	Comprende las operaciones de trituración, clasificación, molienda, concentración gravimétrica (Jig y mesa vibratoria Wilfley), flotación, cinuración, precipitación y fundición.
Infraestructura:	Oficinas, Planta de beneficio, campamento, subestación eléctrica, botadero, presas de colas.
Mineralización	Diorita de Segovia y lutitas carbonosas
Impactos identificados:	Físico: cambios en la calidad fisicoquímica del agua, afectación de la dinámica de aguas superficiales, afectación de la dinámica de agua subterráneas, sedimentación de cuerpos de agua, emisión de material particulado y gases, generación de ruidos, generación de estériles, desestabilización de pendientes, remoción en masa y pérdida del suelo, activación de procesos erosivos, contaminación del suelo, hundimiento del terreno, generación de residuos sólidos. Biótico: remoción y pérdida de cobertura vegetal, fragmentación del ecosistema, disminución de la fauna terrestre, disminución de la fauna acuática. Social: generación de expectativas, generación de empleo, incremento de riesgo de accidentalidad, deterioro en la salud de los pobladores o empleados, cambios en el uso del suelo, modificación del paisaje, afectación de la infraestructura pública y privada, incremento del uso de bienes y servicios.
Plan de cierre y abandono	Las acciones a desarrollar son: <ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento de instalaciones mineras (planta de beneficio, edificaciones y polvorín) • Cierre y señalización preventiva de bocaminas, apiques, bocavientos que llegan a superficie.

	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar e implementar medidas de control y prevención para evitar la acidificación de aguas superficiales y subterráneas. • Deshabilitar (cerrar) accesos y vías internas del proyecto que no se requerirán para las actividades de control y seguimiento de la recuperación de las áreas intervenidas. • Perfilar y recuperar el talud en las zonas donde se presenten desniveles abruptos y que fueron causados por la actividad minera. • Reforzar y sostener de manera definitiva los sitios inestables al interior de la mina, para evitar procesos de subsidencia. • Luego del cierre definitivo de los botaderos superficiales, deberán ser dotados de cunetas de desagüe para el control de aguas lluvias y de escorrentía. • Las arenas almacenadas en las presas de colas, serán perfiladas de acuerdo a las pendientes de los predios que la rodean, de manera que armonice con el entorno; una vez se finalice esta labor se pasará a realizar la revegetalización de la superficie. • Recuperación paisajística (revegetalización) de acuerdo a la ficha FPMA 06-17, de todas las áreas afectadas por las actividades mineras. • Dejar habilitadas las instalaciones eléctricas que se requieren para el funcionamiento de equipos y maquinaria necesarios para dar cumplimiento a las actividades de esta ficha. • Realizar un monitoreo final de calidad de aguas, de aquellas fuentes que fueron afectadas durante toda la vida útil del proyecto.
Costos del plan de cierre	Los costos imputables para esta ficha, serán dados a conocer a la autoridad ambiental y minera, luego que se tenga definido cuál será el cronograma de actividades para la fase de cierre y abandono de las actividades mineras; de igual forma estos costos están directamente relacionados con el área a recuperar, los equipos, maquinaria, mano de obra, herramienta y costos de insumo a utilizar, los cuales se dificultan conocer ahora, por lo que no se presenta tabla de costos para la fase de cierre y abandono.
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si

Resolución que aprueba PTO/PTI	Si
Póliza minero ambiental	PM= 0.10 x 6.000 ton/año x 14,3 gr oro/ton x \$56.858,59 PM= \$292'708.021

Mina 9

Área:	192,4440 hectáreas
Municipio:	Remedios
Minerales:	Oro en veta y demás concesibles
Reservas:	Probadas= 30.000 toneladas Probables= 50.000 toneladas Inferidas= 120.000 toneladas 8-10 gramos por tonelada
Producción:	200 toneladas/día = 40.000 toneladas de mineral auroargentífero por año
Vida útil:	Al momento de presentar la solicitud para una producción de 30 ton/día era de 23 años se reduce al alcanzar las 200 ton/día.
Sistema y método de explotación:	Explotación subterránea mediante el método de paneles verticales y operación de perforación y voladura.
Planta de beneficio:	Consta de trituración, molienda, concentración, cianuración y precipitación, para beneficiar 1000 To/día
Infraestructura:	Campamento, enfermería, bodega, planta de beneficio.
Mineralización	Granodiorita.
Impactos identificados:	Se identificaron los siguientes impactos ambientales: Mano de obra: generación de empleo, contribución a la reactivación económica de la región, riesgos de accidentalidad. Suelos: contaminación del suelo, cambios en el uso del suelo. Hidrología: alteración de la calidad del agua superficial, contaminación por vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, alteración de la calidad del agua subterránea. Aire: generación de material particulado, generación de ruido, generación de gases, generación de olores. Paisaje: impacto visual, deterioro del paisaje natural. Vegetación: disminución de la riqueza vegetal.

	<p>Biota acuática: alteración del ecosistema acuático.</p> <p>Fauna: disminución de la riqueza faunística.</p> <p>Calidad de vida: contribución al mejoramiento de la calidad de vida de Santa Isabel.</p> <p>Económico: generación de empleo, mejoramiento en la estructura económica local.</p> <p>Cultural: mejoramiento en el sistema de vida tradicional, incremento en el nivel de cultura y educación en Santa Isabel.</p>
Plan de cierre y abandono	<p>El plan de cierre ha desarrollado como mínimo las siguientes condiciones:</p> <p>Estabilidad física</p> <p>Estabilidad química</p> <p>Uso del terreno y requerimientos estéticos</p> <p>Entre las actividades propuestas esta:</p> <p>Cerrar todas las áreas abiertas que comunican con superficie.</p> <p>Mantener personal de vigilancia en la zona para garantizar que personas no destruyan los tapones de concreto de los túneles.</p> <p>Plan de revegetalización con especies de rápido crecimiento</p>
Costos del plan de cierre	No reporta.
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si
Resolución que aprueba PTO/PTI	Si
Póliza minero ambiental	<p>\$50.000.000 1er año de construcción y montaje.</p> <p>\$29.500.000 2do año de construcción y montaje.</p>

Mina 10

Área:	12,7074 hectáreas
Municipio:	Segovia
Minerales:	Oro, Plata y asociados
Reservas:	<p>Veta 1</p> <p>Probadas: 6075 ton = 97200 gr Au</p> <p>Probables: 81000 ton = 1'296.000 gr Au</p> <p>Veta 2</p> <p>Probadas: 4.320 ton = 69.120 gr Au</p> <p>Probables: 86.400 ton = 13'282.400 gr Au</p>
Producción:	20 ton/día
Vida útil:	30 años

Sistema y método de explotación:	Excavación subterránea con sección promedio de 1.6 x 2.0 m, dejando machones para fortificación, el arranque es mediante explosivos.
Planta de beneficio:	Cuanta con procesos como trituración, molienda, concentración, amalgamación, cianuración, fundición.
Infraestructura:	Campamento, planta de beneficio,
Mineralización	Granodiorita de grano fino instruida por filones de cuarzo mineralizado con sulfuros de plata y plomo y oro, minerales asociados: pirita, galena, argentita, sheelita y oro.
Impactos identificados:	Perdida de las propiedades del suelo, perdida de la cobertura vegetal, cambios atmosféricos, cambios en la calidad del agua, enfermedades crónicas y aguadas en el minero, mejoramiento de la calidad de vida de la población minera y del municipio.
Plan de cierre y abandono	El empleo a generar permitirá la construcción y/o mejoramiento de viviendas alrededor del área de explotación, relleno de cavidades, bosque aumentado y recuperado, 2 tanques piscícolas, la infraestructura se podrá adecuar para zona de recreación, casa de campo, cancha de futbol.
Costos del plan de cierre	No reporta
Resolución otorga licencia ambiental /impone Plan de Manejo Ambiental	Si
Resolución que aprueba PTO/PTI	Si
Póliza minero ambiental	No reporta

Anexo 2. Modelo de estimación de costos en formato Microsoft Excel